



# Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

David Mateos Fernández  
15/05/2014

## Índice

Introducción .....	6
Moldeo por soplado .....	7
Moldeo por extrusión-soplado.....	7
Moldeo por coextrusión-soplado.....	7
Extrusión.....	7
Máquina de moldeo por soplado de carrera larga serie BlowPac 4 .....	11
Características más importantes.....	11
Posibles extensiones .....	12
Unidad de cierre.....	12
Cabezales de párison.....	15
Etiquetar en el molde de soplado .....	16
Accesibilidad y cambio de molde .....	17
Extrusora .....	18
Sistema hidráulico .....	19
Sistema neumático.....	19
Control.....	20
Hardware.....	20
Manejo y visualización .....	20
Control del espesor de pared .....	21
Control de aire de soplado .....	21
Señalización de fallos y diagnóstico de averías.....	21
Mando de calefacción .....	21
PEAD ALCUDIA® 53070. Polímero utilizado por la máquina .....	21
Mantenimiento .....	23
Mantenimiento correctivo .....	23
Mantenimiento preventivo .....	24
Mantenimiento predictivo .....	25
Descripción de mantenimiento preventivo máquina .....	26
Resumen.....	26
Placa de características .....	26
Elementos principales .....	26
Dispositivos de seguridad.....	26
Resumen.....	26

# Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

Intervenciones.....	27
Dispositivos de engrase.....	27
Resumen.....	27
Intervenciones.....	27
Sistema hidráulico .....	27
Resumen.....	27
Intervenciones.....	27
Observaciones .....	27
Sistema neumático.....	28
Resumen.....	28
Intervenciones.....	28
Observaciones .....	28
Sistema eléctrico .....	28
Resumen.....	28
Intervenciones.....	28
Observaciones .....	28
Refrigeración .....	29
Resumen.....	29
Intervenciones.....	29
Observaciones .....	29
Calefacción .....	29
Resumen.....	29
Intervenciones.....	29
Tabla consumos.....	30
Extrusoras.....	30
Resumen.....	30
Intervenciones.....	31
Observaciones .....	31
Cabezales.....	31
Resumen.....	31
Intervenciones.....	31
Refrigeración por absorción .....	32
Descripción general de la instalación.....	33
Características principales de los equipos objeto del estudio .....	34

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

Grupo motor-alternador .....	34
Motor de gas .....	34
Alternador .....	35
Estación de regulación y medida de gas (ERM) .....	36
Caldera de recuperación de gases de escape .....	38
Instalación eléctrica .....	39
Sistema de media tensión .....	40
Transformador de potencia .....	41
Sistema de baja tensión .....	41
Interconexión entre generador e interruptor .....	41
Interconexión entre interruptor y transformador de potencia .....	42
Interruptor automático de protección del generador .....	42
Consumos de baja tensión .....	42
Red de tierra.....	42
Sistema de recuperación de la energía de refrigeración del motor .....	43
Sistema de refrigeración auxiliar del motor.....	43
Sistema de refrigeración de baja temperatura .....	44
Sistema de refrigeración del circuito de alta temperatura .....	45
Grupo de frío por absorción.....	46
Torre y red de agua de refrigeración .....	48
Instrumentación .....	49
Instalaciones varias de la nave que alberga el grupo.....	50
Conductos de gases y válvulas .....	50
Conducto de gases de escape a caldera.....	50
Conducto de by-pass de caldera .....	51
Chimenea de caldera.....	51
Análisis energético justificativo del cumplimiento del rendimiento eléctrico equivalente.....	52
Calendario de trabajo.....	52
Demanda frigorífica de la fábrica .....	52
Recuperación térmica de la planta. Energía útil a proceso.....	52
Producción de agua caliente .....	53
Energía total recuperada.....	54
Consumo térmico de la planta .....	54
Energía eléctrica.....	54

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

Consumo eléctrico.....	54
Producción eléctrica.....	55
Compra eléctrica a red .....	56
Rendimiento eléctrico equivalente .....	56
Normativa.....	56
Proceso de justificación de cálculos.....	57
Tipo de instalación .....	58
Datos facilitados por el responsable de la instalación .....	58
Prueba de rendimiento .....	59
Rendimiento eléctrico equivalente durante la prueba .....	61
Bibliografía .....	62
ANEXOS .....	63
Datos Cogeneración 2013 .....	64
Planos Cogeneración.....	67
Plano bidón .....	69
Plano bidón .....	70
Semimolde bidón .....	71

## **Introducción**

El objeto del presente trabajo radica en realizar el análisis y operación de una planta de producción de envases plásticos mediante soplado. Para ello, la empresa Reyde S.A. ha dotado a la planta, situada en St. Boi de Llobregat (Barcelona), de los equipos necesarios para la producción de la energía necesaria para llevar a cabo el proceso de soplado. De manera que la fábrica produce energía eléctrica mediante un motor de gas de 2 MW, energía frigorífica mediante un ciclo de absorción por Bromuro de Litio y energía calorífica mediante una caldera de recuperación de los gases de escape del motor.

Se presenta, en primera instancia, una explicación de los procesos de moldeo por soplado, llevados a cabo por la fábrica además de realizar una descripción detallada de una máquina existente en la misma así como el mantenimiento que se lleva a cabo. Por otra parte se realiza un estudio del grupo que conforma la cogeneración así como los cálculos y comparaciones del rendimiento eléctrico equivalente obtenido durante una prueba en la fábrica con el rendimiento anual obtenido en años anteriores.

## **Moldeo por soplado**

El moldeo por soplado es un proceso utilizado para fabricar piezas de plástico huecas gracias a la expansión del material. Esto se consigue por medio de la presión que ejerce el aire en las paredes de la preforma.

Este proceso se compone de varias fases, la primera es la obtención del material a soplar, después viene la fase de soplado que se realiza en el molde que tiene la geometría final, puede haber una fase intermedia entre las dos anteriores para calentar el material si fuera necesario, seguidamente se enfría la pieza y por último se expulsa. Para facilitar el enfriamiento de la pieza los moldes están provistos de un sistema de refrigeración así se incrementa el nivel productivo.

## **Moldeo por extrusión-soplado**

El moldeo por extrusión soplado es un proceso de soplado en el que la preforma es una manga tubular, conformada por extrusión, llamada párison, el cual se cierra por la parte inferior de forma hermética debido al pinzamiento que ejercen las partes del molde al cerrarse, posteriormente se sopla, se deja enfriar y se expulsa la pieza.

## **Moldeo por coextrusión-soplado**

Mediante esta técnica de soplado se consigue productos multicapa. Esto puede interesar por diversas cuestiones como son; incluir diferentes características de permeabilidad, disminuir el coste de los materiales, al poder utilizarse materiales reciclados o de menor calidad, combinar características ópticas de los polímeros o crear efectos de colores iridiscentes.

El párison extruido incluye todas las capas necesarias que en forma de tubo ingresan al molde, en la misma forma que el párison de monocapa. Además el control de espesor del párison se puede llevar a cabo al igual que en el proceso de extrusión-soplado.

## **Extrusión**

La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. Las dos ventajas principales de este proceso, por encima de procesos manufacturados, son la habilidad para crear secciones transversales muy complejas con materiales que son quebradizos, porque el material solamente encuentra fuerzas de compresión y de cizallamiento. También las piezas finales se forman con una terminación superficial excelente.



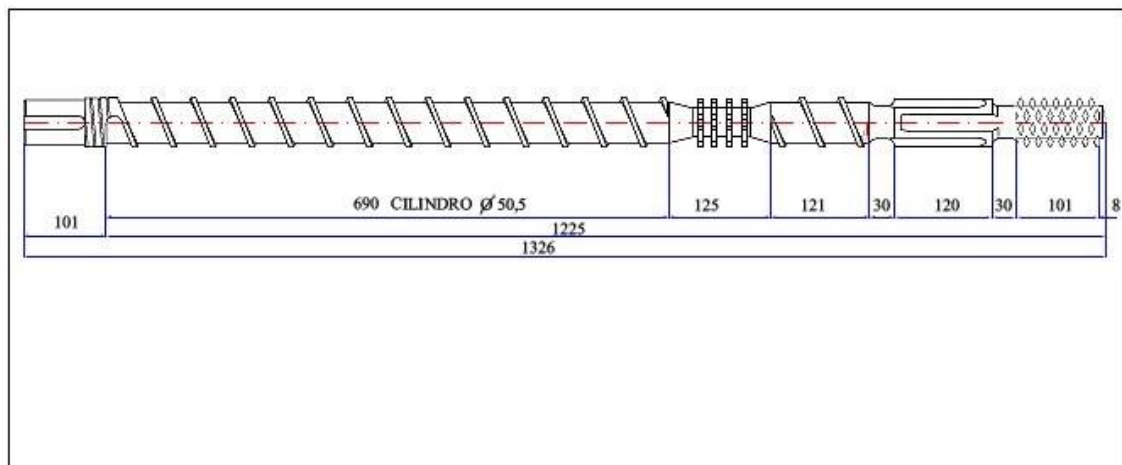
## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

La extrusión puede ser continua (produciendo teóricamente de forma indefinida materiales largos) o semi-continua (produciendo muchas partes). El proceso de extrusión puede hacerse con el material caliente o frío.

Los materiales extruidos comúnmente incluyen metales, polímeros, cerámicas, hormigón y productos alimenticios.

La extrusión de polímeros es un proceso industrial mecánico, en donde se realiza una acción de prensado, moldeado del plástico, que por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada. El polímero fundido (o en estado ahulado) es forzado a pasar a través de un dado también llamado boquilla, por medio del empuje generado por la acción giratoria de un husillo (tornillo de Arquímedes) que gira concéntricamente en una cámara a temperaturas controladas llamada cañón, con una separación milimétrica entre ambos elementos. El material polimérico es alimentado por medio de una tolva en un extremo de la máquina y debido a la acción de empuje se funde, fluye y mezcla en el cañón y se obtiene por el otro lado con un perfil geométrico preestablecido.



El polímero funde por acción mecánica en combinación con la elevación de su temperatura por medio de calentamiento del cañón. La acción mecánica incluye los esfuerzos de corte y el arrastre, que empuja el polímero hacia la boquilla e implica un incremento en la presión.

La primera fusión que se presenta en el sistema ocurre en la pared interna del cañón, en forma de una delgada película, resultado del incremento en la temperatura del material y posteriormente también debida a la fricción. Cuando esta película crece, es desprendida de la pared del cañón por el giro del husillo, en un movimiento de ida y vuelta y luego un barrido,



## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

formando un patrón semejante a un remolino, o rotatorio sin perder el arrastre final. Esto continúa hasta que se funde todo el polímero.

**Fusión y arrastre:** Si el material se adhiere al husillo y resbala sobre la pared del cañón, entonces el arrastre es cero, y el material gira con el husillo. Si en cambio, el material no resbala con la pared del cañón y resbala con el husillo, entonces el arrastre es máximo y el transporte de material ocurre.

En la realidad el polímero experimenta fricción tanto en la pared del cañón como en el husillo, las fuerzas de fricción determinan el arrastre que sufrirá el polímero.

Los extrusores más comunes utilizan un sólo husillo en el cañón, que son los utilizados por la fábrica objeto de estudio. Este husillo tiene comúnmente una cuerda, pero puede tener también 2 y este forma canales en los huecos entre los hilos y el centro del husillo, manteniendo el mismo diámetro desde la parte externa del hilo en toda la longitud del husillo en el cañón.

La división más común para extrusores de un sólo husillo consiste en 4 zonas, desde la alimentación hasta la salida por el dado del material,

1. Zona de alimentación: En esta parte ocurre el transporte de gránulos sólidos y comienza la elevación de temperatura del material
2. Zona de compresión: En esta zona, los gránulos de polímero son comprimidos y están sujetos a fricción y esfuerzos cortantes, se logra una fusión efectiva
3. Zona de distribución: Aquí se homogeniza el material fundido y ocurren las mezclas.
4. Zona de mezcla: En esta parte que es opcional ocurre un mezclado intensivo de material, en muchos casos no se aconseja porque puede causar degradación del material.
  - Los husillos pueden tener también dentro de algunas de sus zonas principales elementos dispersivos y elementos distributivos.
  - Distribución: Logra que todos los materiales se encuentren igual proporción en la muestra Dispersión: Logra que los componentes no se aglomeren sino que formen partículas del menor tamaño posible.

El cabezal, en el proceso de extrusión, es análogo al molde en el proceso de moldeo por inyección, a través del dado fluye el polímero fuera del cañón de extrusión y gracias a éste toma el perfil deseado. El cabezal se considera como un consumidor de presión, ya que al terminar el husillo la presión es máxima, mientras que a la salida del dado la presión es igual a la presión atmosférica.

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

La elevada presión que experimenta el polímero antes del cabezal, ayuda a que el proceso sea estable y continuo, sin embargo, el complejo diseño de los cabezales es responsable de esta estabilidad en su mayor parte.

El perfil del cabezal suele ser diferente del perfil deseado en el producto final, esto debido a la memoria que presentan los polímeros, esfuerzos residuales y orientación del flujo resultado del arrastre por el husillo.

Existen cabezal para tubos, para láminas y perfiles de complicadas geometrías, cada uno tiene características de diseño especiales que le permite al polímero adquirir su forma final evitando los esfuerzos residuales en la medida de lo posible.

Los cabezales para extrudir polímeros consideran la principal diferencia entre materiales compuestos por macromoléculas y los de moléculas pequeñas, como metales. Los metales permiten ser procesados con esquinas y ángulos estrechos, en cambio los polímeros tienden a formar filos menos agudos debido a sus características moleculares, por ello es más eficiente el diseño de una geometría final con ángulos suaves o formas parabólicas e hiperbólicas.

### **Máquina de moldeo por soplado de carrera larga serie BlowPac 4**

Las máquinas de moldeo por soplado de carrera larga BlowPac 4 son el resultado del desarrollo orientado hacia el cliente de un nuevo concepto de máquina basado en requisitos concretos del mercado. Se ofrecen tanto como máquinas de una estación como también de dos estaciones. Se trata de un desarrollo posterior de las máquinas de carrera larga WMB, de eficacia comprobada, las cuales demuestran su rentabilidad superior desde 1991.

Estas máquinas se utilizan para la fabricación óctuple de botellas de 1 litro, por otra parte y una vez cambiado el cabezal y el molde de soplado se pueden producir por triplicado, en la misma máquina, envases de 5 litros.



### **Características más importantes**

- Superficie mínima de colocación.
- El sistema hidráulico y el armario de distribución están instalados sobre el bastidor de la máquina a fin de reducir el espacio de colocación de la misma.
- Sistema de cierre apoyado céntricamente, de construcción baja, con aplicación de gravedad de la costura de estrujado. Movimiento de transporte horizontal, transversal al eje de la extrusora.

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

- Altura de construcción ergonómica, libre todo alrededor y accesible a través de grandes puertas de rejilla protectora.
- Ajustes a graduaciones rápidas para un ajuste y cambio rápido sin herramientas.
- Extrusora basculante vertical de mando hidráulico y proporcional, accionamientos de corriente continua con regulador de velocidad y plataforma transitable.
- Plataforma de la extrusora ajustable eléctricamente.
- Cabezales múltiples soplados centralmente para un número de hasta 16 parisones con sincronismo de repetición exacta y los más breves tiempos de cambio de color.
- Salida de envases en cualquier dirección que se desee.
- Mando Moog TMC de manejo cómodo para el usuario para los movimientos regulados y para SIMATIC S7, de Siemens, para el control de transcurso de procesos.

### Posibles extensiones

- Etiquetar en el molde de soplado.
- Kits de coextrusión.
- Mecanismo auxiliar para cambiar rápidamente el molde de soplado.
- Control de ajuste para movimientos lentos de la máquina con la rejilla de protección abierta.
- Calibrado de cuello oblicuo.
- Separador hidráulico de desperdicios.
- Post-enfriamiento del envase.
- Comprobación de estanquidad.
- Más equipos especiales conforme a los deseos del consumidor.

### Unidad de cierre

El sistema de cierre de construcción baja, robusta y sin largueros, está dispuesto a 90° con respecto al eje de la extrusora. Se logran así grandes espacios libres para una accesibilidad excepcional.

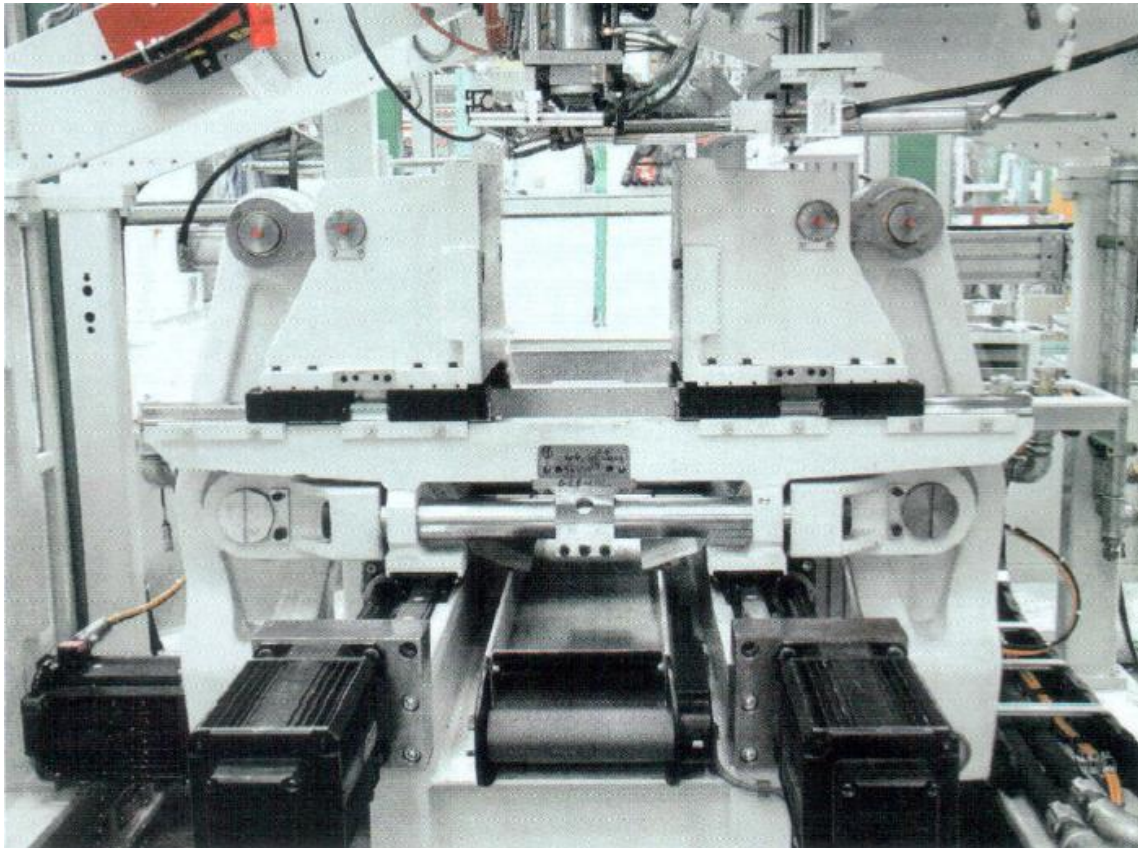
La unidad de cierre, dispuesta simétricamente y de construcción muy rígida, está apoyada centralmente. Con ello son absorbidos enteramente desde la parte inferior los máximos pesos del molde y las fuerzas de calibrado, no teniendo ningún influjo sobre la paralelidad de caras de las placas de sujeción del molde.

Un dispositivo de alta precisión de marcha sincrónica de cremallera garantiza el posicionamiento centrado de las placas de sujeción del molde.

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

La altura de fuerza de cierre es dirigida centralmente a las placas de sujeción del molde a través de un cilindro hidráulico situado por debajo del molde y de una palanca articulada alojada de forma neutra a flexión, y se puede montar de forma espontánea. El cierre del molde se regula de manera proporcional e hidráulica. La aplicación de la fuerza tiene lugar en el centro de gravedad de la costura de estrujado del envase producido. La transmisión de la fuerza de cierre y la guía de las placas están claramente separadas desde el punto de vista constructivo.



La carrera de apertura del molde está diseñado generosamente, siendo ajustable digitalmente. El sistema de cierre es llevado horizontal y exactamente a las posiciones finales sobre portadores lineales por medio de un cilindro hidráulico. Éste está dispuesto de tal manera, que la accesibilidad del recorrido del parison y de la zona de estampación no es afectada de ninguna manera.

La altura de trabajo ergonómicamente apropiada del sistema de cierre se consigue gracias a la altura de construcción baja. Un cambio del molde de soplado desde el lateral se puede llevar a cabo por un solo ajustador por medio de un carro de cambio.

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

El dispositivo de soplado y calibrado, conducido establemente mediante largueros, está instalado centralmente con respecto al centro del molde, estando apoyado en ambos lados sobre el robusto bastidor de la máquina. Con ello son absorbidas con seguridad las fuerzas de calibración, no requiriéndose ningún bloqueo con el sistema de cierre.

Las fuerzas de calibrado pueden ajustarse según las necesidades respectivas, pudiendo ser de hasta 60 kN. Esto garantiza por un lado una larga vida de placas y aros de corte, por otro lado una alta calidad constante de la superficie de contacto del artículo soplado.

Las tuberías para el aire de soplado están dimensionadas generosamente lo cual garantiza tiempos mínimos de ciclo.

El movimiento de calibrado y/o el del portamandril de soplado se regula mediante una válvula proporcional, y el dispositivo de calibración se activa mediante un solo cilindro de carrera corta. El movimiento está regulado, con marcas de recorrido para la activación de otras funciones de la máquina.

La fijación de los portamandriles de soplado en una placa de cambio rápido facilita y acorta el reequipamiento. Para artículos especiales, como, por ejemplo, bidones con rosca interior, se pueden obtener dispositivos para ensanchar o extender mangueras y dispositivos para desmoldar roscas interiores. Además, también es posible el calibrado de cuello oblicuo hasta 40°.

La alimentación de aire soplado está regulada por una válvula neumática proporcional para atenuar el ruido del soplado preliminar y las presiones de soplado a intervalos.

La máquina viene equipada de serie con una unidad básica ajustable en altura donde se introducen las cuchillas individuales según las necesidades de producción. Existen las siguientes variantes:

- Tijera combinada para cuchilla de pasada en frío o cuchilla de cinta incandescente.
- Dispositivo de soldadura a ser combinado con cuchilla de pasada en frío o cuchilla de cinta incandescente.

Por motivos de seguridad y prevención de accidentes así como para facilitar el cambio de herramientas, la cuchilla puede desplazarse hacia atrás en dirección de la extrusora. Con ello queda libre el acceso al espacio bajo los inyectores.



## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

Para la salida de envases, la máquina dispone de una unidad de manejo, que transfiere los artículos hacia atrás a cintas transportadoras en la línea de separación del molde. Además está equipada con una unidad universal de automatización. En este caso se instalan los dispositivos necesarios de elaboración posterior para conseguir una producción completamente automatizada.

La unidad consiste esencialmente en un robusto bastidor perfilado de aluminio, acoplado al bastidor básico de la máquina. El bastidor se puede mover y se puede quitar con facilidad, a fin de despejar el acceso para cambiar el molde de soplado, los portamandriles, las herramientas de estampado, etc.

El equipamiento de la unidad se compone también de:

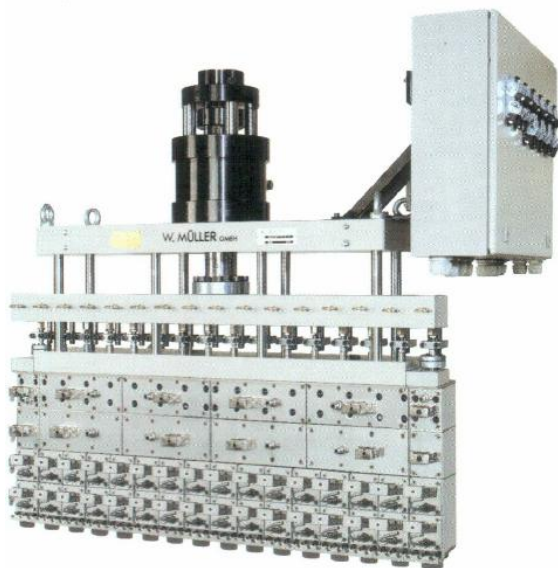
- Refrigeración posterior.
- Corrección de contracción o encogimiento.
- Comprobación de estanquidad.
- Control de peso.
- Salida del envase con contacto de impacto, recepción controlada o cuchara autoprensora de cuello interior.
- Salida del envase a través de cinta transportadora.

### Ventajas

- Sujeción rápida de las piezas formadas con registro de índice.
- Ajuste único de las herramientas de estampado sobre la placa estampadora.
- Eliminación segura de los desperdicios y barbas mediante chapas deflectoras y cinta transportadora.

### Cabezales de párison

La máquina está dotada de un cabezal con 16 parisones en producción. Independientemente del número de ramales del cabezal o de las capas del material, todos los cabezales están equipados con dispositivos de franjas de visualización.





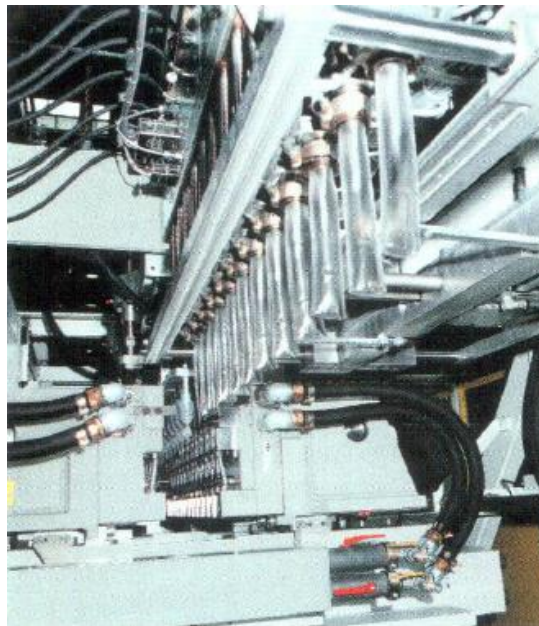
---

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

Como la máquina misma, el cabezal está construido de tal manera que está garantizado un ajuste sin mayores dificultades. El ajuste de los parisones se facilita mediante un centrado en tres puntos, en el cual todos los tornillos de ajuste están situados delante, es decir, que apuntan hacia el ajustador. Cada párison individual puede ser centrado durante la marcha de la máquina con una llave prolongada de macho hexagonal, la cual llega hasta el ajuste de inyectores a través de una hendidura en la rejilla de protección.

Independientemente del número de ramales, el mando de espesor de pared se efectúa únicamente mediante un solo cilindro. Con ello se abren y cierran de forma absolutamente idéntica todas las ranuras de las boquillas.



### Etiquetar en el molde de soplado

En dicha máquina, como se ha comentado anteriormente, es posible realizar el etiquetado del envase en el molde de soplado de manera sencilla. Dispone de una carrera de apertura del molde manifiestamente más amplia, dando así espacio para introducir el portador de etiquetas.

El dispositivo de etiquetado forma una unidad por separado y se acopla por fuera con pocas manipulaciones en el lado derecho de la máquina. Puede conectarse, también, con otra máquina del mismo tipo.

Se entiende por bajo preparación a la existencia de la tubería necesaria así como puertas de modificación necesarias. El transporte de etiquetas por servoaccionamiento garantiza el más exacto posicionamiento de las etiquetas y la reducción de los tiempos de ciclo. Gracias al

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

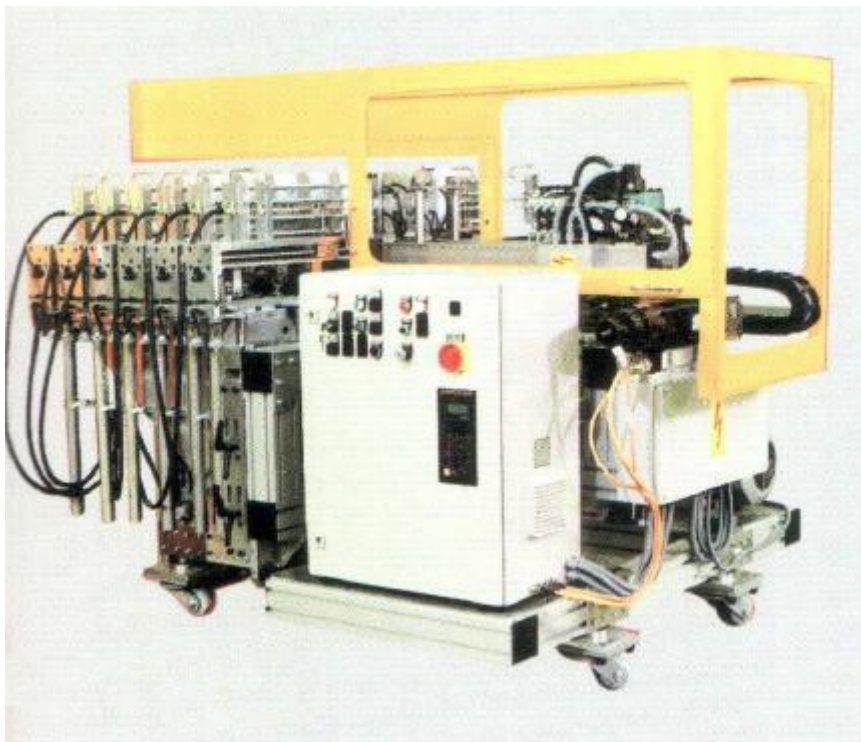
---

servoaccionamiento, es posible trabajar con menos cargadores que cavidades en el molde. Esto significa que, por ejemplo, en caso de 6 cavidades en el molde, se puede trabajar con 3 cargadores, los cuales pueden ponerse en marcha mediante una parada intermedia. Con un ciclo de máquina rápido se recomienda un cargador propio por cada cavidad en el molde, teniendo la ventaja de que las etiquetas se tienen que recargar con menor frecuencia.

Ya que la unidad de etiquetar se encuentra instalada fuera de la máquina de moldeo por soplado, las etiquetas pueden recargarse con la máquina en plena carga sin interrumpir la producción.

En caso de que la etiqueta no sea cogida por la pinza durante el transporte, ésta cae en la zona delantera de la máquina y no llega a la zona de desperdicios y con ello al material para la futura trituración.

De acuerdo con la baja construcción de la máquina, el dispositivo para etiquetar en el molde de soplado está instalado a baja altura con la consiguiente facilidad de manejo.



### Accesibilidad y cambio de molde

Una conveniente disposición de las puertas de rejilla de protección, de apertura grande, es la base de la óptima accesibilidad a la máquina en la zona del cabezal, de calibrado y de estampación. Todos los elementos de mando se encuentran a una altura ergonómica.

Características principales:

- Centrado automático del molde de soplado en placas de sujeción. Rodillos por debajo del molde de soplado para facilitar el montaje lateral.
- El dispositivo de corte puede retrocederse para cambiar sin dificultades los inyectores.
- Ajuste sin herramientas mediante trinquetes.
- Pupitre de mando con pantalla en color, alcance de giro extremadamente grande e indicación de las revoluciones del tornillo y toma de la corriente de la extrusora.
- Centrado de las boquillas con la máquina en marcha.
- Ajuste a distancia de la carrera de calibrado.
- Plataforma de la extrusora con una escalera, con acceso a todos los grupos de construcción importantes para el manejo.
- Graduaciones para ajuste repetible.
- Control de ajuste para los movimientos lentos de la máquina con la rejilla de protección abierta.
- Puente de rodillos y carro para el cambio de molde.



### Extrusora

Está dotada de un programa de extrusoras que satisface los requisitos de la producción, con tornillos de 50 mm a 150 mm de diámetro y longitudes de 25D:

Pertenecen al equipo:

- Accionamiento de corriente continua con limitación del momento de giro mediante un limitador ajustable de corriente.
- Subida/bajada de la extrusora controlada mediante la válvula específica.
- Plataforma de la extrusora transitable.
- Ajuste eléctrico de la altura de la plataforma de la extrusora.

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

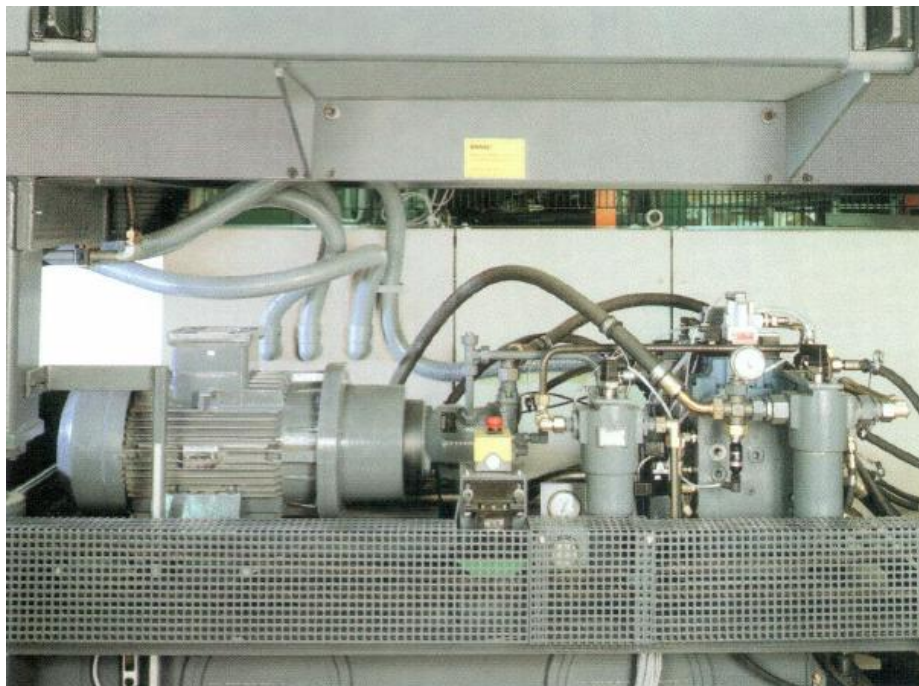
---

- Control automático de arranques y paradas mediante compuerta de tolva hidráulica.
- Control de la corriente de calefacción.
- Sincronización de la velocidad de la extrusora para coextrusión.
- Filtrado de la masa.

### Sistema hidráulico

El grupo hidráulico se encuentra ubicado en el bastidor de la máquina de forma que ocupe el mínimo espacio posible. Está concebido en versión de sistema hidráulico de doble circuito con bombas de ruedas dentadas interiores disponiendo, a su vez, de un circuito independiente de filtración y refrigeración, con regulación de temperatura, control de filtro y control de nivel de relleno.

Para la realización de las secuencias de movimientos rápidas y fáciles de reproducir se emplean válvulas proporcionales de alta calidad y reguladas en su posición para todas las funciones hidráulicas. Las válvulas están colocadas de tal forma que sean lo más accesible posible para el operador.



### Sistema neumático

Dispone de circuitos independientes de aire comprimido con sus respectivos filtros y separadores de agua para el aire ventilado y las funciones de los movimientos. La velocidad de todos los movimientos de regulación neumática se puede ajustar a través de las válvulas así como de los estranguladores de ajuste de la presión, que se encuentran unidos en un mismo bloque. Las características principales son:

---

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

- Soplado a intervalos con alta y baja presión a través de una válvula proporcional sensora con presión regulada.
- El aire de reacción o auxiliar de larga duración y de impulsos se puede ajustar individualmente con válvulas de estrangulación.

### Control

La máquina está equipada con el moderno BlowCommand 4. Están integrados tanto el control del desarrollo del proceso como la regulación de la temperatura, la visualización, el control del espesor de pared y las regulaciones de los diferentes tipos de movimientos. Su manejo tiene lugar desde un pupitre de mando giratorio con pantalla en color, que se encuentra ubicado delante de la unidad de cierre para facilitar su manejo.

### Hardware

- Sistema de mando mediante PC con PLC de software de tiempo real, mando integrado y visualización, así como regulación de los ejes de desplazamiento tanto hidráulicos como eléctricos.
- Sistema descentralizado con acoplamiento de entradas/salidas a través de fibra óptica.
- Sistema de mando compacto mediante display polícromo de 12" con pantalla táctil y teclado con lámina protectora.
- La parte de potencia y el control central están instalados en el armario de distribución principal. Los controles de calefacción y del espesor de pared están ubicados en un armario de distribución separado de la plataforma extrusionadora.

### Manejo y visualización

- Entrada numérica de todos los valores nominales mediante teclado de lámina con verificación de plausibilidad.
- Autorización de acceso a diversos niveles de manejo por medio de contraseña.
- Indicación de los datos de mayor relevancia en una zona reservada de cada página de la pantalla.
- Los valores nominales se visualizan de manera gráfica o numérica.





## Control del espesor de pared

- Control axial del espesor de pared WDS, con 100 puntos, estándar e indicación vertical del perfil de manga.
- Control radial del espesor de pared PWDS con 100 puntos.
- Tobera descentralizable de forma dinámica, con 100 puntos, en cada caso en dirección x-y (DDD).
- Indicación de la curva de valores nominales y reales del perfil de manga.
- Control de tolerancia de la curva de valor real del perfil de manga.
- Perfil de presión de expulsión para máquinas discontinuas con 100 puntos.
- Corrección de longitud de manga mediante reajuste de la ranura base.

## Control de aire de soplado

- Aire soplado controlado mediante válvula (16 bar) para el soplado previo y el soplado principal, así como para el soplado a intervalos.
- Control de la presión de soplado con separación automática del los artículos de desperdicio.

## Señalización de fallos y diagnóstico de averías

- Control de tiempo de todos los movimientos de la máquina.
- Señalización de fallos en texto completo, con indicación de fecha y hora.
- Registros de avisos de las averías en archivos.
- Posibilidad de diagnóstico a distancia de averías por medio de módem.

## Mando de calefacción

- Regulación integrada de la temperatura con optimización propia.
- Control de temperatura con valores límite ajustables.
- Periodo de calefacción posterior para evitar arranques en frío.
- Temporizador semanal para conectar, desconectar o reducir todas las zonas caldeadas.
- Activación de las bandas calefactoras y del soplador refrigerador a través de relés semiconductores libres de desgaste.
- Control de la banda calefactora.

## **PEAD ALCUDIA® 53070. Polímero utilizado por la máquina**

En dicha máquina así como en múltiples más de la fábrica el material utilizado en el PEAD ALCUDIA® 53070, un copolímero de hexeno de alto peso molecular, especialmente diseñado para la fabricación, por extrusión-soplado, de cuerpos huecos de media y alta capacidad así como de materiales termoformados. Este grupo incorpora un paquete de aditivos que incluye

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

los antioxidantes necesarios para la protección frente a la degradación térmica. Presenta excelente resistencia a la fisuración en medio ambiente activo (ESCR) y elevada resistencia química.

El grado ALCUDIA® 53070 cumple la normativa europea de materiales para uso en contacto con aluminio. Se debe almacenar en un ambiente seco y en zona pavimentada para evitar la posibilidad de acumulación de agua, temperatura inferior a 60 °C y protegido de la radiación solar. Un almacenamiento indebido podría producir el inicio de procesos de degradación del mismo que influye en la procesabilidad y en las propiedades del producto transformado. A continuación se describen las propiedades más características del material:

Propiedades	Valor
General	
<i>Índice de fluidez ( 190 °C, 5 kg)</i>	<b>0,3 g/10 min</b>
<i>Índice de fluidez ( 190 °C, 21,6 kg)</i>	<b>6,7 g/10 min</b>
<i>Densidad a 23 °C</i>	<b>954 kg/m<sup>3</sup></b>
Mecánicas	
<i>Resistencia a la tracción en el punto de la rotura</i>	<b>35 MPa</b>
<i>Alargamiento en el punto de rotura</i>	<b>950 %</b>
<i>Resistencia a la tracción en el punto de fluencia</i>	<b>25 MPa</b>
<i>Módulo elástico de flexión</i>	<b>1.250 MPa</b>
Otras	
<i>Temperatura de reblandecimiento (carga 10 N)</i>	<b>128 °C</b>
<i>Dureza</i>	<b>63</b>
<i>Resistencia a la fisuración en medio tensoactivo</i>	<b>&gt; 190 h</b>



### **Mantenimiento**

El mantenimiento está definido por la EFNMS (Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento) como: *“El conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un sistema, subsistema, instalación, planta, máquina, equipo, estructura, edificio, conjunto, componente o pieza en o a la condición que la permita desarrollar su función.”*

A continuación se presentan los tres tipos básicos de mantenimiento, cada uno tiene distintas aplicaciones en función del tipo de planta. Para aplicaciones más concretas del mantenimiento puede acceder a nuestra línea mantenimiento y eficiencia.

Existen tres tipos básicos de mantenimiento el correctivo, el preventivo y el predictivo que se basan en tareas distintas. Cada tipo de mantenimiento será ideal en un tipo de situación y equipo en función de distintos factores como el económico, el personal disponible, el tiempo de trabajo, la cantidad de repuestos, etc. De cualquier manera un buen programa de mantenimiento debe ser capaz de conjugar los tres tipos de mantenimiento de la mejor manera posible para permitir alargar la vida útil de los componentes que conforman la planta de manera económica y eficiente.

### **Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es aquel en que solo se interviene en el equipo después de su fallo. Este tipo de mantenimiento, aplicado en muchas situaciones, tiene como principal ventaja la reducción de costes de inspecciones y reparaciones.

Es evidente que sólo se aplicará en aquellas situaciones en que los elementos sean de bajo coste y baja criticidad de funcionamiento. Este mantenimiento por tanto resulta ideal en casos en que la restitución o reparación no afecte en gran medida a la producción o explotación llevada a cabo por la compañía o cuando la puesta en práctica de un sistema más complejo resulte menos rentable que una práctica correctiva. El mantenimiento correctivo, sin embargo, no debe estar exento de tareas rutinarias de engrase, lubricación y/o sustitución de componentes que permitan alargar la vida útil del ítem, a menos que se trate de una instalación o componente en las fases finales de su vida útil.

Los principales inconvenientes están relacionados con la imprevisibilidad de las averías y fallos que resultan inoportunas. Debido a que las tareas no están programadas es esperable que cuando se produzca el fallo se tarde más y se necesite más mano de obra para corregirlo que en caso de tener un programa de mantenimiento que planee esta situación. Otro grave inconveniente que presenta este tipo de mantenimiento es que el problema que ha causado el

fallo no se resuelve por lo que éste puede repetirse en situaciones posteriores en la misma máquina sin aumentar su fiabilidad es por ello que el mantenimiento correctivo normalmente viene acompañado de un acortamiento de periodos de reparación en la misma máquina.

### **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es un conjunto de técnicas que tiene como finalidad disminuir y/o evitar las reparaciones de los ítems con tal de asegurar su total disponibilidad y rendimiento al menor coste posible. Para llevar a cabo esta práctica se requiere rutinas de inspección y renovación de los elementos malogrados y deteriorados.

Las inspecciones son los procesos por el cual se procede al desmontaje total o parcial del equipo a fin de revisar el estado de sus elementos. Durante la inspección se reemplazan aquellos elementos que no cumplan con los requisitos de funcionamiento de la máquina. Los elementos también pueden ser sustituidos tomando como referencia su vida útil o su tiempo de operación con tal de reducir su riesgo de fallo.

Los periodos de inspección son cruciales para que el mantenimiento preventivo tenga éxito ya que un periodo demasiado corto comportará costos innecesarios mientras que un periodo demasiado largo conlleva a un aumento del riesgo de fallo.

El principal inconveniente del mantenimiento preventivo es el coste de las inspecciones. En algunos casos el paro en la máquina puede comportar grandes pérdidas y realizar un desmontaje e inspección de un equipo que funciona correctamente puede resultar superfluo. De todas maneras el riesgo de fallo siempre existe pese a que un periodo de inspección corto ayuda a reducirlo.

El mantenimiento preventivo también está comprendido por el llamado mantenimiento rutinario, conjunto de técnicas que sin llegar al desmontaje de los equipos los conserva en el mejor estado posible por medio de engrases, limpiezas, sustituciones periódicas, etc.

El mantenimiento preventivo se aplicará en aquellos casos en que éste sea económicamente rentable frente a un programa de reparaciones de tipo correctivo. En algunas situaciones es posible que se dé la situación contraria, pero es frecuente que una avería en algún componente comporte deterioros y fallos en otros elementos de la maquinaria empleada. Los programas de mantenimiento preventivo requieren también que exista una prioridad en función de la vida esperada de algunos componentes y de su importancia para el funcionamiento del conjunto. De igual manera los elementos más utilizados pueden ser almacenados para ser restituidos en caso de fallo de manera sistemática.

### Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es el conjunto de técnicas que permiten; reduciendo los costes del programa de mantenimiento tradicional, preventivo y correctivo, asegurar la disponibilidad y rendimiento de los elementos que componen la planta. Este tipo de mantenimiento se basa en la realización de un seguimiento del estado del equipo mediante monitorizaciones que permiten realizar sustituciones y reparaciones cuando estos no se encuentren en buen estado, sin necesidad de realizar ciertas inspecciones, y reducir los fallos imprevistos por medio de un programa de detección de anomalías.

Una de las tareas más importantes que el mantenimiento preventivo conlleva es el planeamiento adecuado de las tareas que deben realizarse en la planta. Si esto se consigue se podrá atacar al problema y a su raíz antes que éste se produzca. Será importante que se acompañe al mantenimiento con un historial que indique cuánto tiempo y cuantos operarios son necesarios para llevar a cabo las tareas, de manera que el programa mejore a medida que se lleve a cabo.

Este tipo de programas de mantenimiento reporta un gran ahorro de costes ya que además de detectar los fallos de manera precoz permite programar con suficiente antelación el tiempo de reparación y los suministros y mano de obra que requerirá la tarea. Dado además que el mantenimiento predictivo se basa en la monitorización de los parámetros que están relacionados con fallos en los equipos puede aprenderse a medida que se opera la maquinaria, de manera que los fallos reiterados pueden llegar a erradicarse.

Estas técnicas requieren que los elementos gocen de indicadores suficientemente relacionados con el estado del equipo además de la posibilidad de que estos sean vigilados y medidos, durante su vida útil. Su principal inconveniente es la dificultad que conlleva obtener una respuesta clara y segura ya que no existe ningún parámetro ni conjunto de parámetros que revele a la perfección el estado del equipo. La vigilancia continua no es viable, tampoco, en la mayoría de elementos y solo supone una ventaja realizarla en elementos muy críticos por lo que en general la vigilancia resulta periódica.

## Descripción de mantenimiento preventivo máquina

### Resumen

- Máquina de soplado, de una sola extrusora y un cabezal
- cabezales con un WDS (espesor), con dos PWDS (deformación)
- Fabricación de envases hasta 10 l
- Panel/pc battenfeld blow command 003
- Plc Siemens Simatic 115 (cpu 945)

### Placa de características

- Fabricante: battenfeld fischer
- Modelo: bfb 1 - 10d
- Nº serie: 4902
- Año fabricación: 1995
- Potencia motor: 115 kw
- Tensión y frecuencia motor: 220/380 V 50 Hz
- Potencia calefacción: 85 kw
- Tensión y frecuencia calefacción: 220/380 V 50 Hz

## Elementos principales

### PWDS (control deformación)

- Dispone de dos controles (delantero y posterior)
- Válvula: MOOG
  - Modelo: D061- 814
  - S/N: D136 11.94
- Cilindro: TROISDORF FEUERHERM
  - Modelo: D-5384
  - TYPE: LSPD2-270-0.129

## Dispositivos de seguridad

### Resumen

- Revisión de finales de carrera en puertas
- Revisión de setas de emergencia
- Control de activación de válvula de presión hidráulica y neumática

# Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

## Intervenciones

Realizar pruebas de funcionamiento correcto, de puertas y paros de emergencia(dispone de dos puertas y cuatro setas de emergencia).

## Dispositivos de engrase

### Resumen

- sistema de engrase manual por puntos
- Revisión de capilares y tubos
- Revisión de puntos de aplicación y engrase

### Intervenciones

- Limpieza elementos
- Inspección visual

## Sistema hidráulico

### Resumen

- Revisión de perdidas y fugas
- Revisión de carga de acumuladores
- Revisión de componentes
- Revisión de latiguillos
- Limpieza de elementos

### Intervenciones

- Limpieza superficial del tanque
- Carga de acumuladores(dos en paralelo/120 bares cada uno)
- Cambio tubos de drenajes cilindros
- Cambio latiguillo soplador izquierda
- Cambio de juntas bloque válvulas carro sistema 1

### Observaciones

El sistema de cierre del tubo de aspiración bomba hidráulica con el tanque, no es estanco y se puede introducir material en el tanque.

No hay alumbrado en zona tanque o interior de máquina.

## Sistema neumático

### Resumen

- Revisión de perdidas y fugas
- Revisión de componentes
- Revisión de latiguillos y tubos
- Limpieza de elementos

### Intervenciones

- Sustitución tubo aire de apoyo en cabezales
- Cambiar manómetros de presión interior de moldes

### Observaciones

- Manómetros presión interior moldes:  
2 – manómetros aire d63 mm/0-10 bares.
- Según qué tipo de manguera y la zona donde están ubicadas, el aceite las reseca, provocando roturas y fugas.

## Sistema eléctrico

### Resumen

- Revisión de cables y conectores
- Revisión de pulsatería y elementos de mando
- Revisión de componentes y cajas de conexiones
- Limpieza de armario y canales

### Intervenciones

- Sustitución de cables con conectores o regletas
- Colocación de tapas y cables en armario

### Observaciones

- Base de fusibles grupo hidráulico (2f49)rota:  
Fabricante: Wohner/ modelo: lts-00/60 160 a
- Existencia de cables rescos por culpa del aceite
- En armario principal (ventilador roto y unidad de frio estropeada, solo funciona una unidad de frio)
- Elementos del interior del armario, manchados de aceite de la unidad de frio estropeada

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

- En el armario principal, no se dispone de alumbrado
- El panel lateral del armario principal, esta deformado por palas del toro (habrá que desmontar equipos y panel para intentar enderezarlo)

### Refrigeración

#### Resumen

- Revisión de perdidas y fugas
- Revisión de componentes
- Revisión de latiguillos
- Limpieza de filtros

#### Intervenciones

- Limpieza de mangueras
- Cambiar tubos y colocar tapones

#### Observaciones

- Se instalará sistema detección de recirculación de agua y filtros (problemas en moldes y cabezal, por culpa de la cal)
- Según qué tipo de manguera y la zona donde están ubicadas, el aceite las reseca, provocando roturas y fugas

### Calefacción

#### Resumen

- Revisión de cintas calefactoras y ventiladores
- Revisión de consumos
- Revisión de control de temperaturas(sondas)
- Revisión de cables y conectores
- Limpieza de elementos

#### Intervenciones

- Tomar consumos de resistencias (comprobación de funcionamiento correcto)
- Sujetar y limpiar cables sondas y resistencias



## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

### Tabla consumos

ZONAS	TEMPERATURA(°C)	CONSUMOS (A)	OBSERVACIONES
1	190 °C	9,1 A / 9,1 A / 9	EXTRUSORA ZONA 1 TRIFASICA 380V
2	190 °C	9,2 A / 9,1 A / 9	EXTRUSORA ZONA 2 TRIFASICA 380V
3	190 °C	9,2 A / 9,1 A / 9	EXTRUSORA ZONA 3 TRIFASICA 380V
4	185 °C	9,2 A / 9,3 A / 9	EXTRUSORA ZONA 4 TRIFASICA 380V
5	180 °C	9,2	UNION EXTRUSORA MONOFASICA 220V
6	180 °C	1,5	EMPALME EXTRUSORA MONOFASICA 220V
7	185 °C	8,0	ENTRADA CABEZAL MONOFASICA 220V
8	185 °C	9,7 A / 7,8	CABEZAL DOS BIFASICAS 380V
9	185 °C	11,1 A / 8,7 A	CABEZAL DOS BIFASICAS 380V
10	185 °C	3 A + 2,1 A + 2,1 A	BOQUILLA TRES MONOFASICAS 220V

Los valores son por zonas (según la zona varia el número de resistencias).

### **Extrusoras**

#### Resumen

- Revisión de perdidas y fugas de aceite
- apriete de correas y protecciones
- limpieza de elementos

### Intervenciones

- Limpieza
- Inspección visual
- Se cambian filtros motores extrusoras

### Observaciones

- No se ha sustituido el aceite de cajas reductoras

### Cabezales

#### Resumen

- revisión de perdidas y fugas de aceite
- revisión de perdidas y fugas de material
- revisión de WDS y PWDS
- revisión de latiguillos
- limpieza de elementos

### Intervenciones

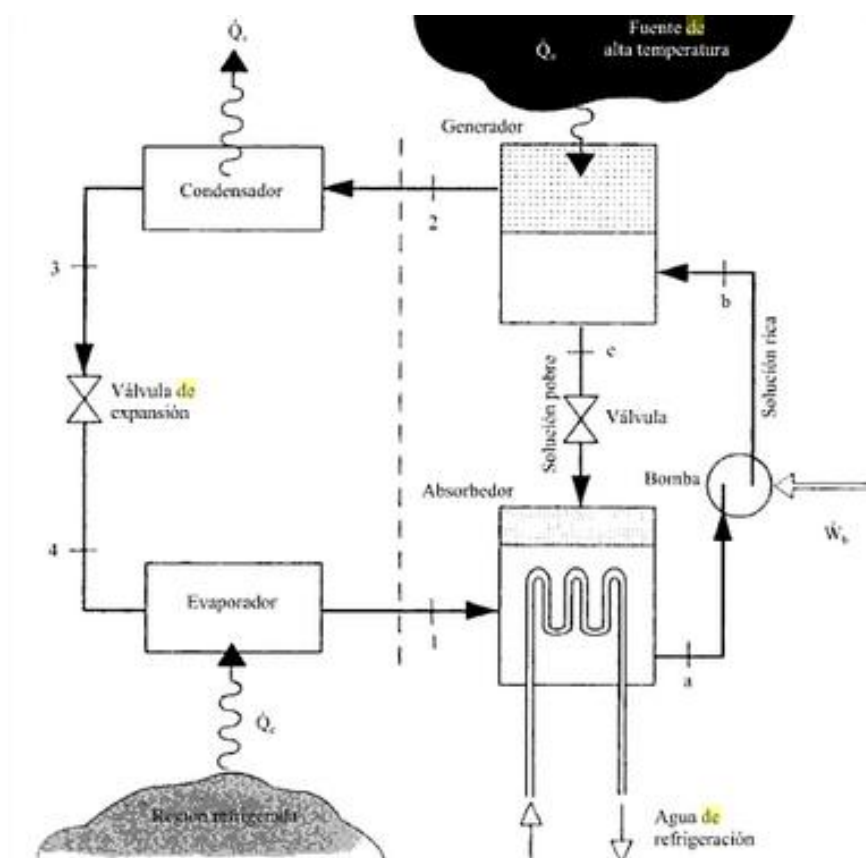
- Cambiar latiguillo presión WBK
- Cambiar latiguillos temperatura PWDS posterior

### Refrigeración por absorción

Sistema de refrigeración que utiliza energía térmica como fuente de energía basándose en un ciclo de absorción a diferencia del conocido ciclo de compresión mecánica. A nivel energético se basa en la generación de frío a partir del consumo de calor aportado por un fluido a una temperatura mínima de unos 90° para la obtención de rendimientos favorables.

Al igual que un sistema de compresión, la absorción se fundamenta en la circulación cíclica de un fluido denominado refrigerante con objeto de aprovechar el calor latente de vaporización del fluido para bombear calor del foco frío al foco caliente mediante un evaporador y un condensador.

A diferencia del sistema de compresión, el sistema de absorción carece de un compresor y en su lugar se encuentra un absorbedor y un generador. El refrigerante es agua y el absorbente suele ser una solución de bromuro de litio cuya función radica en absorber el vapor de agua producido en el condensador.



## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

El ciclo parte de una solución acuosa de Bromuro de Litio que absorbe el vapor de agua generado en el evaporador. La mezcla de gases es bombeada al generador cuya función es separar el vapor de agua de la solución de Bromuro de Litio, mediante el aporte de calor proveniente de una fuente externa de calor como los gases de escape de un motor, el vapor de una caldera, energía solar etc.

El vapor de agua se dirige al condensador donde cede calor y se dirige a la válvula de expansión donde se produce una pérdida de carga que baja la presión del agua para que entre en el evaporador y realice un intercambio de energía pasando a estado gas y se dirija de nuevo al absorbedor para empezar el ciclo. La solución de Bromuro de Litio pasa al absorbedor mediante una válvula (figura 1).

Con el fin de mantener la presión en el absorbedor y sabiendo que la cantidad de agua que es capaz de absorber el Bromuro de Litio aumenta con la disminución de la temperatura, alrededor del absorbedor circula agua de refrigeración para mantener la temperatura lo más baja posible.

Otra posibilidad es utilizar el agua como absorbedor y amoníaco como refrigerante, se suele utilizar para aplicaciones de refrigeración de temperaturas del orden de  $-60^{\circ}$  o equipos de climatización de hasta 20 kW.

### Descripción general de la instalación

El objetivo de la instalación de trigeneración radica en la producción simultánea de energía eléctrica, térmica y producción de frío.

La fábrica objeto del estudio dispone, para llevar a cabo su proceso productivo, de equipos, susceptibles de utilizar la energía térmica residual de una instalación de cogeneración para la producción de frío.

Está formada por un motor de gas de 1.942 kW<sub>e</sub> de potencia eléctrica, una caldera de recuperación de calor y un grupo de absorción de Bromuro de Litio para la producción de frío.

La energía térmica de los gases de escape del motor se aprovecha en una caldera de recuperación, en la que se producirá agua caliente a una temperatura próxima a 100/102°C que será utilizada en el grupo de absorción de BrLi/H<sub>2</sub>O para la producción de frío.

El agua caliente procedente del circuito de refrigeración de alta temperatura del motor (90°C), será introducida en la caldera, aumentando su temperatura en unos 10°C. En los periodos de

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

tiempo en los que la energía de refrigeración del circuito de alta temperatura del motor no pueda ser disipada mediante la recuperación térmica anterior, se llevará a cabo en un aerorrefrigerador instalado para tal efecto. Éste estará dimensionado para disipar la totalidad de la energía de la energía de alta temperatura del motor.

Por otra parte, el circuito de refrigeración del circuito de baja temperatura no significara una fuente de aprovechamiento sino que la energía se disipará en una torre de refrigeración.

La interconexión eléctrica permite el funcionamiento de la planta en paralelo con la red de la compañía eléctrica, aunque en ningún momento existirá, aunque en ningún momento existirá exportación de energía eléctrica a la misma.

A continuación se mencionan los elementos fundamentales que componen el conjunto de la instalación:

- Grupo motor-alternador
- Interconexión eléctrica
- Conductos de gases dirigidos a la caldera de recuperación
- Caldera de recuperación de agua caliente
- Grupo de absorción de BrLi/H<sub>2</sub>O de 1.094.866 fg/h
- Sistemas de refrigeración del motor y grupo de absorción

### Características principales de los equipos objeto del estudio

#### Grupo motor-alternador

##### Motor de gas

Motor de gas natural de la marca JENBACHER modelo JMS 616 GS-NL, versión CO1-98, a 1.500 rpm, de las siguientes características de operación al 100% de carga:

<i>Potencia mecánica</i>	<b>2.000 kW</b>
<i>Potencia eléctrica</i>	<b>1.942 kW</b>
<i>Consumo de gas</i>	<b>4706 kW</b>
<i>Índice de metano</i>	<b>75</b>
<i>Energía refrigeración del circuito de alta</i>	<b>834 kW</b>
<i>Temperaturas del circuito de alta</i>	<b>90/80 °C</b>
<i>Energía refrigeración del circuito de baja</i>	<b>301 kW</b>

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

<i>Temperaturas del circuito de baja</i>	<b>40/51 °C</b>
<i>Energía radiación</i>	<b>127 kW</b>
<i>Caudal de aire de admisión</i>	<b>8.954 Nm<sup>3</sup>/h</b>
<i>Caudal de los gases de escape</i>	<b>11.771 kg/h</b>
<i>Temperatura de los gases de escape</i>	<b>410 °C</b>
<i>Consumo de aceite</i>	<b>0,3 g/kWhe</b>
<i>Eficiencia media eléctrica</i>	<b>41,1 %</b>

### Alternador

Alternador de la marca STAMFORD modelo LVSI814 D2, a 1.500 rpm, lógicamente igual que el motor de gas, de las siguientes características:

<i>Potencia continua</i>	<b>2.500 kVA</b>
<i>Tensión nominal</i>	<b>690 kVA</b>
<i>Frecuencia</i>	<b>50 Hz</b>
<i>Eficiencia generador (<math>\cos\phi = 1</math>)</i>	<b>97 %</b>
<i>Potencia eléctrica</i>	<b>1942 kW<sub>e</sub></b>
<i>Aislamiento</i>	<b>Clase H</b>
<i>Protección de cierre</i>	<b>IP23</b>
<i>Reactancia síncrona</i>	<b>1,39 p.u.</b>
<i>Reactancia transitoria</i>	<b>0,161 p.u.</b>
<i>Reactancia subtransitoria</i>	<b>0,107 p.u.</b>

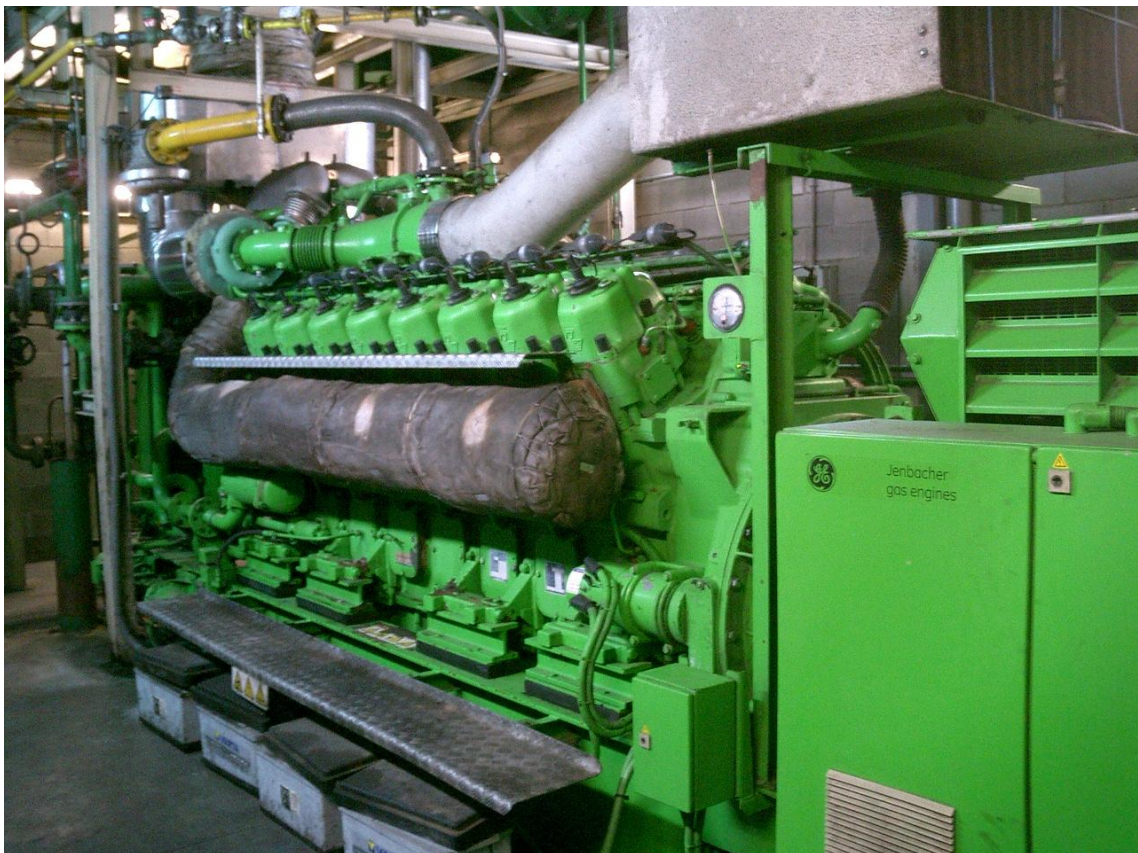
Los elementos fundamentales del motogenerador son los siguientes:

- Motor
- Alternador
- Sistema eléctrico de arranque
- Equipo turbocompresor y enfriador de aire, con sistema de lavado por agua del compresor
- Sistema de descarga de gases, incluyendo un silenciador con una atenuación de 25 dB

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

- Sistema de gas natural formado por cámaras de combustión con bujías, válvulas de control para cada cilindro, equipo de ignición y un equipo de regulación consistente en una válvula de aislamiento, regulador de presión y dos electroválvulas de cierre
- Sistema de refrigeración del agua del motor mediante cambiadores de calor de placas, bombas y tuberías necesarias
- Sistema de lubricación
- Equipos de regulación, sincronismo y control consistentes en:
  - Cuadros de control, medida y potencia
  - Cuadro de potencia, incluyendo interruptores tetrapolares



### Estación de regulación y medida de gas (ERM)

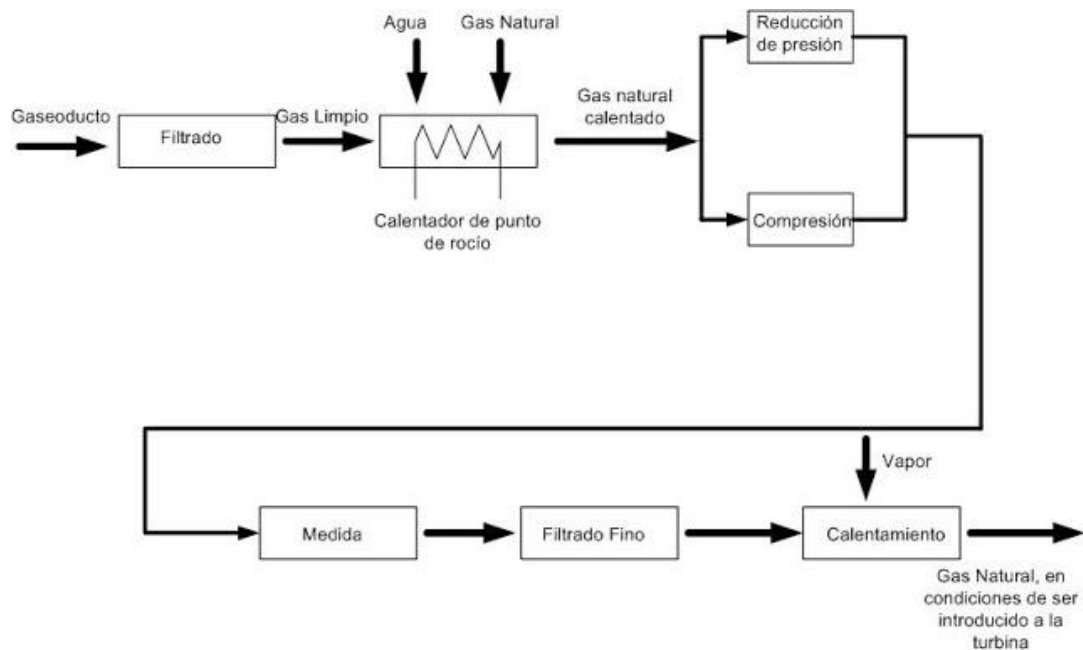
El motor de gas es alimentado mediante gas natural, el cual debe reunir unas condiciones para su entrada en el mismo:

- El gas debe tener una presión y temperatura que esté en el rango de funcionamiento óptimo.
- Debe ser limpio y exento de partículas de suciedad.
- Debe conocerse el poder calorífico así como el consumo.
- El caudal y la composición deben ser conocidos.



## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

La estación de gas ERM (Estación de regulación y medida) es la encargada de realizar dicho proceso, descrito a continuación:



La estación recibe el gas y lo hace pasar por un filtro de partículas sólidas.

Una vez limpio se hace pasar por un calentador de punto de rocío para evitar congelaciones de agua que pueda contener el gas las cuales provocarían muchos daños en los elementos mecánicos y estructurales de la turbina. El gas se calienta ligeramente hasta los 15-20°C.

Ahora el gas tiene dos opciones:

*Expandirse:* si el gas está a más presión de la que requiere la turbina, el gas deberá pasar por unas válvulas reductoras de presión para ajustarse a la de funcionamiento.

*Comprimirse:* si el gas tiene una presión inferior a la deseada deberá comprimirse para adecuarse a la de funcionamiento.

Se debe conocer la cantidad de consumo de gas necesario para el motor, para ello se instalan caudalímetros normalmente por duplicado para calcular el volumen de gas que pase a través suyo. Pero como el gas natural no se factura por volumen o peso sino que se factura como energía, por kW/h, también es necesario saber el poder calorífico del gas. Para ello se instala un cromatógrafo debidamente calibrado que nos dará la información del poder calorífico así como de la composición del gas.

Antes de inyectar el gas se hace pasar por un filtrado más fino y exhaustivo para la aseguración de la entrada limpia del gas.

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

Por último el gas pasa por un intercambiador de calor donde se calienta mediante vapor del propio ciclo o bien mediante calentadores eléctricos, para una correcta combustión.



### Caldera de recuperación de gases de escape

La caldera del grupo es pirotubular y actúa como un intercambiador de gases de escape-agua teniendo, los gases un único paso en el que realizar la transferencia de energía térmica. Los gases de escape del motor se recogen en una caja a través de un haz tubular donde se realiza el intercambio calorífico.

Está compuesta por un haz tubular rodeado totalmente de agua, una virola envolvente prevista con los injertos necesarios (ida, retorno, vaciado, válvula de seguridad y control de temperatura), una brida tubular anterior y otra posterior cierran verticalmente el conjunto y forman el cuerpo de la caldera. Todo el conjunto se encuentra calorifugado con fibra de vidrio de 100 mm de espesor y protegido por una envolvente cilíndrica de chapa prelacada de 1,5 mm de espesor.

Los materiales empleados son:

- Virola envolvente y bridas: Chapa DIN 17155 H11 resistente a la rotura
- Tubos de humos: Acero estirado sin soldadura ST 35,8
- Caja de humos: Chapa ST-37,2

Las condiciones de diseño de la caldera se especifican a continuación

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

<i>Potencia térmica</i>	<b>1.045 kW</b>
<i>Presión máxima de servicio</i>	<b>4 kg/cm<sup>2</sup></b>
<i>Presión de prueba</i>	<b>6 kg/cm<sup>2</sup></b>
<i>Superficie de intercambio</i>	<b>136 m<sup>2</sup></b>
<i>Volumen de agua</i>	<b>3,61 m<sup>3</sup></b>
<i>Caudal de gases</i>	<b>11.917 kg/h</b>
<i>Temperatura entrada de gases</i>	<b>401 °C</b>
<i>Temperatura salida de gases</i>	<b>114 °C</b>
<i>Temperatura agua entrada</i>	<b>90 °C</b>
<i>Temperatura agua salida</i>	<b>102,5 °C</b>
<i>Alto</i>	<b>5.000 mm</b>
<i>Ancho</i>	<b>1.700 mm</b>
<i>Largo</i>	<b>2.200 mm</b>



### Instalación eléctrica

La instalación eléctrica será de media tensión (25kV) y en cuanto a la interconexión de la planta existen 3 maneras de funcionamiento:

---

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

### 1. Funcionamiento en paralelo con la red

El interruptor principal de red y el interruptor automático de protección del generador estarán cerrados. (Es el funcionamiento normal).

### 2. Funcionamiento en isla

Cuando el sistema de protección de la interconexión detecte alguna anomalía en la red, se producirá la desconexión automática del interruptor general de la red. El equipo de regulación de la planta estará en funcionamiento, a fin de adecuar la producción eléctrica al consumo solicitado en la fábrica.

### 3. Funcionamiento sin cogeneración

En este caso, el interruptor general de la red permanecerá cerrado, es decir, la totalidad de la energía consumida procederá de la compañía eléctrica.

### **Sistema de media tensión**

Desde el embarrado de 25kV y desde el segundo centro de transformación (2 x 1.250 kVA) situado a 35 metros de la nave objeto del estudio, se encuentra una canalización aérea de M.T. por medio del correspondiente cableado. En el centro de transformación comentado anteriormente se encuentran los siguientes elementos:

➤ Seccionador tripolar:

- Tensión      36 kV

- Intensidad    800 A

➤ Interruptor automático en SF<sub>6</sub>, con bobinas de cierre y de disparo, y con contactos auxiliares:

- Tensión              36 kV

- Icc                    30 kA

- Mando              Motorizado

➤ 3 transformadores de Intensidad de 36 kV con una relación de 75/5 A

---

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

### Transformador de potencia

Canalización aérea en 25kV desde el segundo centro de transformación hasta la nave, por medio de un cable de las siguientes características:

- Tensión 25 kV
- Sección 150 mm<sup>2</sup>
- Material Aluminio
- Tipo DHZ1

Mediante dicha canalización aérea se realiza la interconexión hasta el transformador de potencia. Este transformador se encuentra ubicado en el interior de la nave objeto del estudio.

Por su parte el transformador de potencia tiene las siguientes características:

- Tensión del primario 690 V
- Tensión del secundario 25.000,  $\pm 2,5\%$ ,  $\pm 5\%$  V
- Grupo de conexión Dyn 11
- Potencia nominal 2.500 kVA
- Frecuencia 50 Hz

### Sistema de baja tensión

La interconexión se divide en dos grupos:

1. Interconexión (0,69 kV) entre el generador y su interruptor
2. Interconexión (0,69 kV) entre el interruptor y el transformador de potencia

### Interconexión entre generador e interruptor

Desde el generador (situado en la sala del motor) se acomete al correspondiente interruptor situado en el cuadro de potencia por medio de los correspondientes cables (ocho por cada fase) de las siguientes características:

- Tensión 0,6/1 kV
- Sección 240 mm<sup>2</sup> por fase
- Material Aluminio
- Tipo RV

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

### Interconexión entre interruptor y transformador de potencia

De igual forma, desde el interruptor hasta los bornes del transformador de potencia se instalarán los cables pertinentes de idénticas características que los de la interconexión anterior.

### Interruptor automático de protección del generador

El generador, está dotado de un armario que contiene el interruptor automático DYG así como una bobina de mínima tensión, 6 transformadores de tensión (3 antes del DYG y 3 después del mismo) para la sincronización del generador y para su correcta medida. Los cables necesarios para el funcionamiento correcto salen del motor hasta los cuadros de señalización y control del grupo, encontrándose ubicados en la sala de control correspondiente.

### Consumos de baja tensión

La alimentación de todos los servicios consumidores eléctricos de la instalación se realiza a partir de un cuadro de auxiliares, desde el cuadro de baja tensión (0,38 kV) de la fábrica. Los consumidores del grupo objeto de estudio (nave donde se encuentra el motogenerador, caldera y grupo de absorción) son:

- Alimentación a bombas y auxiliares del motor
- Alimentación del sistema de ventilación
- Alimentación del aerorrefrigerador y de la torre de refrigeración
- Alimentaciones varias: Baterías de CC, alumbrado, etc.
- Alumbrado de las salas del motor, caldera y grupo de frío, transformador y control

### Red de tierra

En la sala correspondiente a la celda de protección general del grupo que forma la trigeneración, se encuentran los mallazos correspondientes con sus picas a tierra, para que la tensión de paso y contacto sea muy pequeña. El sistema de tierras se divide en dos grupos:

- Sistema general de tierras de protección
- Sistema de puesta a tierra de servicios

El neutro del transformador de potencia se une mediante su cable y pica correspondiente. El valor de la resistencia Óhmica tiene un valor comprendido entre 5 y 10 Ohmios.



### Sistema de recuperación de la energía de refrigeración del motor

Con objeto de aprovechar la energía térmica de la refrigeración del circuito de alta temperatura del motor en el proceso, se dispone de un circuito cerrado de recuperación-refrigeración, compuesto básicamente por los elementos siguientes:

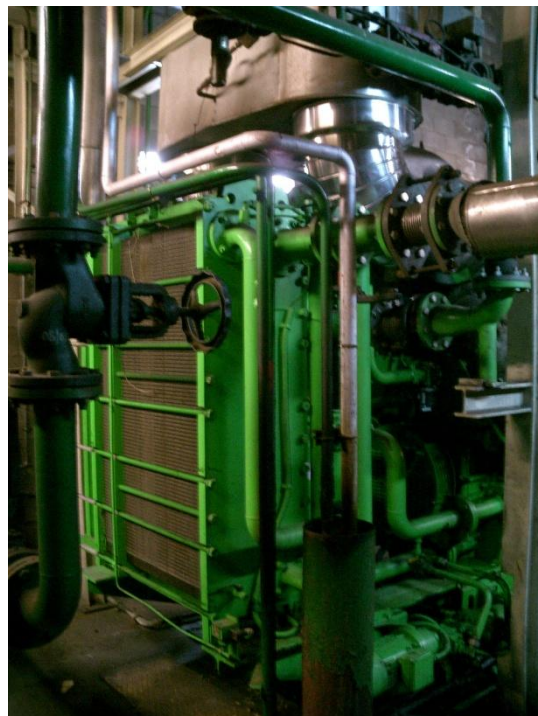
- Intercambiador de placas de agua interna del motor (primera etapa del postenfriador, camisas y primera etapa de aceite
- Sistema de bombeo al motor, caldera, grupo de absorción, aerorrefrigerador y retorno al motor, con un caudal aproximado de 72 m<sup>3</sup>/h
- Tuberías, válvulas e instrumentación asociada
- Elementos de seguridad y montaje

La energía del circuito de alta temperatura que no sea posible disipar mediante la recuperación anterior, será eliminada mediante el sistema de refrigeración auxiliar descrito seguidamente.

### Sistema de refrigeración auxiliar del motor

En determinados periodos de tiempo de funcionamiento de la planta objeto del estudio, no es posible efectuar la refrigeración total del circuito de alta temperatura del motor, mediante la recuperación en el grupo de absorción BrLi/H<sub>2</sub>O. Por ello la instalación contará con un sistema de refrigeración auxiliar.

Este sistema basa su diseño en la disipación de la totalidad de la energía de este circuito, lo que permitirá el funcionamiento del motor, incluso en las situaciones en las que no exista recuperación de energía alguna. Por otra parte, no existirá aprovechamiento en el proceso de la energía del circuito de baja temperatura del motor, por lo que toda esta energía será disipada en el sistema de torre de refrigeración.





## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

### Sistema de refrigeración de baja temperatura

El sistema está formado por los siguientes elementos principales:

- Intercambiador de placas de agua interna del motor (segunda etapa de admisión y segunda etapa de aceite) – circuito exterior. Las características de este intercambiador serán las siguientes:

<i>Potencia de intercambio</i>	<b>301 kW</b>
<i>Área de transferencia de calor</i>	<b>3,96 m<sup>2</sup></b>
<i>Número total de placas</i>	<b>35</b>
<i>Material de las placas</i>	<b>0,5 mm</b>
<i>Espesor de las placas</i>	<b>Acero inoxidable AISI 316</b>

<b>Agua motor (primario)</b>	
<i>Caudal</i>	<b>24.000 l/h</b>
<i>Temperatura de entrada</i>	<b>51 °C</b>
<i>Temperatura de salida</i>	<b>40 °C</b>

<b>Agua a torre de refrigeración (secundario)</b>	
<i>Caudal</i>	<b>47.937 l/h</b>
<i>Temperatura de entrada</i>	<b>30 °C</b>
<i>Temperatura de salida</i>	<b>35,4 °C</b>

- Tubería de 3" desde el intercambiador hasta el motor y retorno con su respectiva valvulería, elementos de seguridad y montaje.
- Sistema de bombeo al motor, intercambiador, formado por un grupo doble con un caudal de 24 m<sup>3</sup>/h.
- Tubería de 4" desde el intercambiador hasta el colector de impulsión a torre con su respectivo retorno y elementos de seguridad y montaje además de la valvulería.
- Sistema de bombeo formado por un grupo doble de presión, uno de ellos funcionando como reserva, para un caudal de 48 m<sup>3</sup>/h, dotado de la tubería, valvulería e

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

instrumentación específica. El sistema se encuentra ubicado en el retorno de la torre de refrigeración.

- Torre de refrigeración, descrita posteriormente.

### Sistema de refrigeración del circuito de alta temperatura

Está formado por una unidad de 717.200 kcal/h (834 kW), con tubos de cobre reforzado de 0,6 mm de espesor y aletas de aluminio reforzado de 0,2 mm de espesor.

La carcasa está diseñada con un sistema modular en chapa galvanizada con acabado exterior plastificado en PVC, de aplicación específica para exteriores.

El sistema se encuentra dotado de 8 moto-ventiladores de 1,6 kW, de tipo asíncrono, con rotor de jaula ardilla en aluminio inyectado, trifásicos (230/400 V, 50 Hz, con protección IP 65, aislamiento clase F, dotados de protecciones térmicas de apertura. Así mismo dispone de un sistema de regulación en función de la temperatura de retorno del agua, con indicador y transmisor de temperatura, y actuadores sobre ventiladores del aerorrefrigerador.

El aerorrefrigerador permitirá la disipación de la totalidad de la energía del circuito de alta temperatura, incluso durante los periodos de tiempo en los que no exista recuperación térmica alguna. Las características más importantes del mismo se describen a continuación:

<b>Caudal de aire</b>	<b>97.600 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Potencia disipada</b>	717.200 kcal/h
<b>Temperatura entrada de aire</b>	40 °C
<b>Temperatura salida de aire</b>	67 °C
<b>Temperatura entrada de agua</b>	90 °C
<b>Temperatura salida de agua</b>	80 °C
<b>Caudal de agua a refrigerar</b>	71.720 kg/h
<b>Pérdida de carga (lado agua)</b>	2 m.c.a
<b>St</b>	654,8 m <sup>2</sup>
<b>Dimensiones</b>	
<b>Alto</b>	1.035 mm
<b>Ancho</b>	2.000 mm
<b>Largo</b>	4.000 mm

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

### Grupo de frío por absorción

Las características técnicas del grupo de absorción son:

<i>Capacidad</i>	<b>1.094.866 frig/h</b>
<i>Peso en funcionamiento</i>	<b>19.840 kg</b>

<b>Dimensiones</b>	
<i>Largo</i>	<b>6.790 mm</b>
<i>Ancho</i>	<b>1.990 mm</b>
<i>Alto</i>	<b>3.560 mm</b>

<b>Evaporador</b>	
<i>Fluido</i>	<b>Agua</b>
<i>Temperatura entrada</i>	<b>11,5 °C</b>
<i>Temperatura salida</i>	<b>8 °C</b>
<i>Caudal</i>	<b>313,2 m³/h</b>
<i>Pérdida de carga</i>	<b>1,29 bar</b>

<b>Absorbedor /Condensador</b>	
<i>Fluido</i>	<b>Agua</b>
<i>Temperatura entrada</i>	<b>30 °C</b>
<i>Temperatura salida</i>	<b>33,8 °C</b>
<i>Caudal</i>	<b>638,2 m³/h</b>
<i>Pérdida de carga</i>	<b>1,29 bar</b>

<b>Generador</b>	
<i>Fluido</i>	<b>Agua</b>
<i>Temperatura entrada</i>	<b>102 °C</b>
<i>Temperatura salida</i>	<b>79,6 °C</b>
<i>Caudal</i>	<b>71,1 m³/h</b>
<i>Pérdida de carga</i>	<b>0,87 bar</b>

Válvula de control	
<i>Tipo</i>	<b>3 vías</b>
<i>Diámetro</i>	<b>DN 100</b>
<i>Temperatura máxima</i>	<b>200 °C</b>
<i>Pérdida de carga</i>	<b>0,36 bar</b>

A su vez, el suministro de dicho equipo incluye:

- Sistema de cristalización automática
- Válvula de tres vías para todo el rango de funcionamiento de la unidad
- Paneles eléctricos
- Dispositivo de purga
- Interconexión y cableado
- Valvulería
- Control de agua caliente
- Control de agua fría
- Contador de horas de funcionamiento
- Panel de control con microprocesador
- Carga inicial de Bromuro de Litio
- Tubería e instrumentación necesaria



## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

- Equipo de bombeo doble, con un caudal de 313,2 m<sup>3</sup>/h, para impulsión al grupo de frío, desde el colector existente de retorno de agua fría de la sala contigua al grupo de trigeneración (nave objeto del estudio)

### Torre y red de agua de refrigeración

Para el grupo, la fábrica cuenta con dos torres de refrigeración que atiende a las necesidades de disipación de calor correspondientes al circuito de baja temperatura del motor y al grupo de frío. Cada una de las mismas, está formada por:

- Carcasa compacta, fabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio y refuerzos del mismo material.
- Sistema distribuidor de agua, compuesto por un colector fabricado en acero galvanizado, con ramales de PVC que disponen de varias toberas especiales de pulverización.
- Separador de gotas, formado por paneles de PVC.
- Cuerpo de relleno, formado por paneles de PVC montados en capas que facilitan la formación de un flujo laminar de agua, obteniendo así la máxima superficie de intercambio entre agua y aire.
- Ventilador axial, equilibrado dinámicamente, reforzado con fibra de vidrio. El borde de ataque de las palas se encuentra doblemente reforzado para evitar la erosión producida por el golpeteo de las gotas de agua. Su potencia es de 15 kW, a 1.500 rpm.



## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

---

- Tubería, aislamiento, valvulería, elementos de seguridad y montaje.
- Equipo doble de bombeo, con un caudal de 638,2 m<sup>3</sup>/h, para impulsión al grupo de frío y torre, desde el colector de impulsión a torre, y desde ésta, hasta el colector de retorno de torre, elementos de seguridad y montaje asociados.

Por otra parte, las especificaciones técnicas son:

<i>Calor baja temperatura motor (disipar)</i>	<b>258.860 kcal/h</b>
<i>Calor grupo de absorción (disipar)</i>	<b>2.425.160 kcal/h</b>
<i>Caudal de agua</i>	<b>686,3 m<sup>3</sup>/h</b>
<i>Temperatura entrada a la torre</i>	<b>33,9 °C</b>
<i>Temperatura salida de la torre</i>	<b>30 °C</b>
<i>Temperatura de termómetro húmedo</i>	<b>26 °C</b>
<i>Relleno</i>	<b>Laminar</b>
<i>Tipo</i>	<b>Abierta</b>

### Instrumentación

La nave que alberga el grupo cuenta con los elementos de control y actuación requeridos para el funcionamiento correcto, de acuerdo con los principios de funcionamiento establecidos para la instalación. Asimismo dispone de los elementos de medida necesarios para el cálculo del valor del Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE), tales como:

- Contadores eléctricos de producción, compra y consumo.
- Contador de consumo de gas natural del motor.
- Contador de consumo eléctrico de servicios auxiliares de la planta de cogeneración.
- Registro de control de la válvula de by-pass de caldera (horas de apertura, de cierre, curva continua de porcentaje de apertura).
- Contador de caudal y sonda de temperatura en el circuito de ida del agua fría generada en el grupo de absorción, y sonda de temperatura en el circuito de retorno. (Dicha instalación se utiliza para la determinación de la producción frigorífica generada en el grupo).

### Instalaciones varias de la nave que alberga el grupo

1. Aire comprimido, para la alimentación neumática de los consumidores de aire comprimido, principalmente válvulas de gases y válvulas de alimentación de agua de la caldera, así como para el arranque del motor.
2. Red de lubricación del motor: red de aceite para la alimentación del motogenerador, el cual consta de depósito de aceite, bomba de trasiego de aceite, tubería de acero negro, valvulería y accesorios correspondientes.
3. Instalación contraincendios: sistema de detección y extinción de incendios de la planta, tanto para la sala del transformador de potencia como para la sala donde se encuentra ubicado el motor.
4. Sistema de detección de gas natural: la central de detección de incendios incluye un módulo para la detección de gas.
5. Ventilación, al objeto de disipar el calor de radiación del motogenerador y del transformador de potencia, así como para proporcionar el caudal de aire de combustión para el motor.
6. Insonorización, al objeto de garantizar un nivel sonoro residual aceptable, en las inmediaciones de la sala del motor. Formado por silenciadores en cada entrada de aire de ventilación y combustión, así como en la salida del aire de ventilación.

### Conductos de gases y válvulas

#### Conducto de gases de escape a caldera

A partir de la conexión flexible de salida de gases de escape del motor, existe un conducto para conducir aquéllos hacia la caldera de recuperación, donde las partes más importantes son:

- Conducto de acero 15Mo3, de 600 mm de diámetro y un espesor de 2 mm.
- Calorifugado de este conducto, en base a 120 mm de espesor de manta de lana de roca, terminada en chapa de aluminio de 0,6 mm de espesor, incluyendo el calorifugado del silenciador.
- Accesorios de la tubería de gases: soportes de conductos, juntas de expansión y piezas de adaptación.
- Dilatadores, elementos de soporte y montaje.



### Conducto de by-pass de caldera

A partir de la salida de la válvula de by-pass de caldera se instalará un conducto de gases hasta la chimenea de la caldera. Los gases del motor pueden ser enviados hacia la caldera o hacia la chimenea, en función de la demanda de carga. Los elementos característicos son:

- Conducto de acero 15Mo3, de 600 mm de diámetro y un espesor de 2 mm.
- Calorifugado de este conducto, en base a 120 mm de espesor de manta de lana de roca, terminada en chapa de aluminio de 0,6 mm de espesor, incluyendo el calorifugado del silenciador.
- Válvula distribuidora de gases con dos mariposas, para regulación y accionamiento electroneumático.
  - Actuación: regulación.
  - Diámetro: 600 mm.
  - Temperatura de servicio: 450 °C.
  - Material carcasa: 15Mo3
  - Tipo de junta: Metal/metal.
  - Estanquidad: 99,5%.
  - Espesor del aislamiento: 120 mm.
  - Señal eléctrica de accionamiento: 4-20 mA.
- Accesorios de la tubería de gases: soportes de conductos, juntas de expansión y piezas de adaptación.
- Dilatadores, elementos de soporte y montaje.

### Chimenea de caldera

Los gases de escape del motor, tras su paso por la caldera de recuperación, son enviados a la atmósfera mediante una chimenea vertical de 600 mm de diámetro de acero 15Mo3 de una altura de 14 m. El equipo incluye:

- Dilatadores para la compensación axial, con muelle de inoxidable y bridas locas, y sombrerete a la salida de la chimenea.
- Elementos de soporte y montaje.

### **Análisis energético justificativo del cumplimiento del rendimiento eléctrico equivalente**

#### **Calendario de trabajo**

La planta objeto de estudio, se encuentra en funcionamiento siempre que exista demanda de frío en la fábrica de REYDE S.A.

La previsión que lleva a cabo la empresa en cuanto a la demanda de frío es de 269 días al año de lunes a domingo, lo que supone 6.456 horas/año.

La empresa también tiene en cuenta las paradas que sufre el grupo debido a operaciones de mantenimiento por lo que dicha instalación permanece parada un 8% del tiempo (dato orientativo).

Resumiendo se ha tenido en cuenta lo anteriormente comentado por lo que se distinguen dos periodos de funcionamiento de la planta (motogenerador-caldera-grupo de absorción):

<i>Motor en marcha</i>	<b>5.940 horas</b>
<i>Motor parado</i>	<b>516 horas</b>
<i>Total</i>	<b>6.456 horas</b>

#### **Demanda frigorífica de la fábrica**

Se caracteriza por la demanda a lo largo de la semana de lunes a viernes que asciende a 1.075.000 fg/h mientras que durante el fin de semana desciende en un 40 % (430.000 fg/h).

El consumo estimado de energía eléctrica para la producción de frío es del orden de 2.230.000 kWh/año.

#### **Recuperación térmica de la planta. Energía útil a proceso**

La recuperación térmica de la planta tiene lugar mediante el aprovechamiento del circuito de refrigeración de alta temperatura del motor y en la utilización de los gases de escape del motor en la caldera de recuperación para la posterior producción de agua caliente a 102 °C. Las características de los gases de escape del motor son:

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

Caudal	11.771 kg/h
Temperatura salida del motor	410 °C
Calor específico a la Tª de salida del motor	0,269 kcal/kg °C

### Producción de agua caliente

Mediante el circuito de refrigeración de alta temperatura se precalienta un caudal de 72 m³/h de agua caliente a 80 °C hasta una temperatura de 90 °C, lo que supone una recuperación térmica máxima de:

$$E = \frac{m \cdot (C_{espE} \cdot C_{espS})}{2} \cdot (T_e - T_s) = \frac{72 \cdot (1,003 + 1,005)}{2} \cdot (90 - 80)$$

$$E = 722.880 \text{ kcal/h} = 722,8 \text{ th/h}$$

Posteriormente esta agua a 90 °C, es introducida en la caldera de recuperación, para obtener una temperatura final del agua de 102 °C, la cual es enviada al grupo de absorción. La temperatura de retorno del agua, una vez cedida la correspondiente energía, es del orden de los 80 °C, para ser de nuevo precalentada mediante el intercambiador del sistema de refrigeración del motor.

En la caldera de recuperación se introducen los 11.771 kg/h de gases de escape comentados anteriormente a una temperatura de 410 °C a la salida del motor de gas (Cesp = 0,269 kcal/kg°C), saliendo de la misma a 130 °C (Cesp = 0,261 kcal/kg°C). La energía útil que se aporta en el proceso viene definida por la siguiente ecuación:

$$E = \frac{m \cdot (C_{espE} \cdot C_{espS})}{2} \cdot (T_e - T_s) = \frac{11.771 \cdot (0,269 + 0,261)}{2} \cdot (410 - 130)$$

$$E = 873.000 \text{ kcal/h} = 873 \text{ th/h}$$

Lo que representa 873 th/h recuperadas en el proceso en forma de agua caliente. Por lo que la potencia térmica máxima a aprovechar será:

$$E_t = 722,88 + 873 = 1.595,88 \text{ th/h}$$

Por otra parte, como se ha visto con anterioridad, la potencia frigorífica del grupo de absorción es de 1.094.866 fg/h, con un consumo máximo de agua caliente de 1.582.176 th/h. Por otra parte, la demanda máxima de la empresa se estipula en 1.075.000 fg/h.

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

Se puede apreciar que la energía aprovechada en el proceso será variable en función de la demanda de frío de la empresa por lo que para realizar un cálculo inicial se distinguen los siguientes periodos de demanda:

Periodo	Funcionamiento del motor (horas/año)	Energía recuperable en el generador del grupo de absorción (th/h)	Producción de agua fría (fg/año)
Lunes/Viernes	4.991	1.553	1.075.000
Fin de semana	949	621	430.000

### Energía total recuperada

La recuperación total de energía es, de acuerdo con la tabla anterior, la correspondiente a la producción de agua fría a 8 °C, con un salto térmico de 3,5 °C, en el grupo de absorción:

- La energía útil enviada al grupo de absorción es:

$$1.553 \text{ th/h} \cdot 4.991 \text{ h/año} + 621 \text{ th/h} \cdot 949 \text{ h/año} = 8.341.900 \text{ th/año}$$

- Por otra parte, la energía útil producida en el grupo de absorción es:

$$1.075 \text{ kfg/h} \cdot 4.991 \text{ h/año} + 430 \text{ kfg/h} \cdot 949 \text{ h/año} = 5.772.595 \text{ kfrig/año}$$

### Consumo térmico de la planta

El consumo térmico de la planta objeto de estudio es la correspondiente al consumo del motogenerador:

$$4.047 \text{ th/h} \cdot 5.940 \text{ h/año} = 24.038.188 \text{ th de G.N (sobre PCI)}$$

### Energía eléctrica

#### Consumo eléctrico

El consumo eléctrico anual de REYDE, S.A. es de alrededor de 14.992.300 kWh, con la siguiente distribución de acuerdo con la discriminación horaria Tipo 3, que utiliza la fábrica:

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

<i>Horas punta</i>	<b>2.835.400 kWh</b>
<i>Horas valle</i>	<b>5.048.000 kWh</b>
<i>Horas llano</i>	<b>7.108.900 kWh</b>

Gracias al equipo de absorción se reduce la compra a la compañía eléctrica debido al menor consumo de los equipos. De esta manera, el consumo se reduce en 2.059.000 kWh distribuido según la discriminación horaria de la siguiente manera:

<i>Horas punta</i>	<b>343.170 kWh</b>
<i>Horas valle</i>	<b>686.300 kWh</b>
<i>Horas llano</i>	<b>1.029.500 kWh</b>

Por otra parte, con la planta (trigeneración) en marcha, existe un consumo eléctrico adicional, correspondiente a los auxiliares de la planta, de un 2,5% de la generación eléctrica, adquiriendo un valor de 346.000 kWh, distribuidos de la siguiente manera:

<i>Horas punta</i>	<b>57.700 kWh</b>
<i>Horas valle</i>	<b>115.300 kWh</b>
<i>Horas llano</i>	<b>173.000 kWh</b>

Finalmente, teniendo en cuenta el consumo de la fábrica y el ahorro energético gracias al grupo, el consumo final de la misma es de 13.279.300 kWh con la siguiente distribución:

<i>Horas punta</i>	<b>2.549.930 kWh</b>
<i>Horas valle</i>	<b>4.476.970 kWh</b>
<i>Horas llano</i>	<b>6.252.400 kWh</b>

### **Producción eléctrica**

La energía total producida por la planta que conforma el motogenerador, caldera y grupo de absorción es de:

$$1.942 \text{ kW} \cdot 5.940 \text{ h/año} = \mathbf{11.534.500 \text{ kWh/año}}$$

Con la siguiente distribución:

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

<i>Horas punta</i>	<b>1.922.400 kWh</b>
<i>Horas valle</i>	<b>3.844.800 kWh</b>
<i>Horas llano</i>	<b>5.767.300 kWh</b>

### Compra eléctrica a red

La compra adquiere un valor de 1.744.800 kWh/año, resultado obtenido de la resta de la energía consumida y la generada en el grupo, distribuida de la siguiente manera:

<i>Horas punta</i>	<b>627.500 kWh</b>
<i>Horas valle</i>	<b>632.170 kWh</b>
<i>Horas llano</i>	<b>485.100 kWh</b>

## Rendimiento eléctrico equivalente

### Normativa

Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE), es el rendimiento eléctrico comparable con una planta de sólo generación de energía eléctrica, descontando del combustible consumido el necesario para producir por sistemas convencionales el calor. Este índice permite comparar la eficiencia eléctrica de una planta de cogeneración con el rendimiento eléctrico o global de una planta de sólo producción de energía eléctrica. Al ser un índice de cálculo fácil, es utilizado en diversos países. Sin embargo, esta comparación directa con plantas del régimen ordinario no tiene en cuenta las pérdidas evitadas en las redes de transporte y distribución, que es otro de los grandes objetivos perseguidos por la Directiva Europea y el RD 616/2007.

Los rendimientos eléctricos equivalentes mínimos exigidos se indican en la siguiente tabla:

<b>Tipo de combustible</b>	<b>REE mínimo</b>
<i>Combustibles líquidos en motores térmicos</i>	56 %
<b><i>Gas natural y GLP en motores térmicos</i></b>	<b>55 %</b>
<i>Gas natural y GLP en turbinas de gas</i>	59 %
<i>Biomasa y/o biogás incluido en el grupo b.7</i>	50 %
<i>Combustibles líquidos en centrales con calderas</i>	49 %
<i>Combustibles sólidos</i>	49 %
<i>Biomasa incluida en los grupos b.6 y b.8</i>	30 %
<i>Otras tecnologías y/o combustibles</i>	59 %

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

Para el cálculo del rendimiento eléctrico equivalente se hace uso de la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{E_e}{Q - V/0,9}$$

Siendo:

$E_e$  = Energía eléctrica generada, en unidades térmicas

$Q$  = Consumo térmico de la planta

$V$  = Energía útil enviada al proceso (agua fría obtenida en el grupo de absorción)

Por lo que a partir de los resultados obtenidos con anterioridad el REE es:

$$\eta = \frac{11.534.500 \cdot 0,86}{24.038.188 - 5.772.595/0,9} = 56,28\%$$

Este resultado es superior al mínimo exigido por la ley (55%), por lo que se puede decir que la empresa cumple con los requisitos energéticos necesarios para la utilización de la planta objeto de estudio.

### Proceso de justificación de cálculos

La empresa utiliza un proceso de justificación / cálculos, el cual ha sido planteado según la nomenclatura utilizada en la Guía Técnica para la medida y determinación del calor útil, electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia (editada por IDEA en Abril de 2008).

DATOS GENERALES	
Titular de la cogeneración	REYDE, S.A.
Nombre de la cogeneración	REYDE, S.A.
Municipio y provincia	SANT BOI DE LLOBREGAT (BARCELONA)
Nº de registro de régimen especial	729



## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

DATOS TÉCNICOS	
Tecnología y tipo de ciclo	Motor de combustión interna de ciclo simple
Potencia eléctrica total (kWe)	2000
Combustible utilizado	Gas natural
Medio transmisor del calor a proceso	Agua en estado líquido
Descripción del proceso al cual la cogeneración aporta calor	Secar envases de plástico
¿Dispone la planta de un sistema de postcombustión?	No

### Tipo de instalación

- **Grupo a.1:** Instalaciones que incluyan una central de cogeneración siempre que supongan un alto rendimiento energético.

❖ **Subgrupo a.1.1:** Cogeneraciones que utilicen como combustible el gas natural siempre que éste suponga al menos un 95% de la energía primaria utilizada o al menos un 65% de la energía primaria utilizada cuando el resto provenga de biomasa y/o biogás en los términos previstos en el anexo II del R.D. 661/2007: siendo los porcentajes de energía primaria utilizada citados medidos por el PCI.

### Datos facilitados por el responsable de la instalación

Combustible consumido ( $F_{cc}$ )	11212,6 MWh <sub>PCI</sub>
Energía eléctrica generada ( $E$ )	4.684 MWh <sub>e</sub>
Condiciones de entrega de calor al proceso vapor de agua, ( $H_{CHP, Vapor\ de\ agua}$ )	4.742,7 MWh <sub>t</sub>
Rendimiento térmico de referencia (Ref $H\eta$ )	90 %

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

Tipo de combustible		Vapor / agua caliente	Uso directo de gases de escape
Combustibles sólidos	Hulla/coque	88%	80%
	Lignito/briquetas de lignito	86%	78%
	Turba/briquetas de turba	86%	78%
	Combustibles de madera	86%	78%
	Biomasa agrícola	80%	72%
	Residuos biodegradables (municipales)	80%	72%
	Residuos no renovables (municipales e industriales)	80%	72%
	Esquisto bituminoso	86%	78%
Combustibles líquidos	Hidrocarburos (gasóleo + fueloil residual), GLP	89%	81%
	Biocombustibles	89%	81%
	Residuos biodegradables	80%	72%
	Residuos no renovables	80%	72%
Combustibles gaseosos	Gas natural	90%	82%
	Gas refinería/ hidrogeno	89%	81%
	Biogás	70%	62%
	Gas de horno de coque, gas de alto horno, otros gases residuales	80%	72%

Con lo que y mediante de la siguiente ecuación se obtiene el valor promedio del rendimiento eléctrico equivalente anual:

$$REE = \frac{E}{\left[ F_{ee} + F_{no-CHP, H \text{ postcombustión}} - \left( \frac{H_{CHP} + H_{no-CHP \text{ Postcombustión}}}{Ref H_{\eta}} \right) \right]}$$

$$REE = \frac{4.684}{\left[ 11212,6 + 0 - \left( \frac{4.742,7 + 0}{0,9} \right) \right]} = 78,82 \%$$

### Prueba de rendimiento

Se ha tenido la oportunidad de realizar una prueba de rendimiento directamente en la fábrica con el grupo funcionando de manera ininterrumpida durante un periodo de dos horas en los cuales se han contabilizado los parámetros F, H y E, funcionando a carga nominal, tomando datos puntuales en un intervalo de 15 minutos. Los equipos de generación y medida, descritos a continuación, forman parte de la instalación, con las especificaciones técnicas y ubicaciones detalladas:

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA	
MOTOR	
Marca/Tipo	JENBACHER JMS 616GS-NL
Potencia nominal	2000 Kw
ALTERNADOR / GENERADOR	
Marca / Tipo	STANFORD LVF1 814-D2
Potencia nominal	2500 kVA
Tensión nominal	690 V
EQUIPOS DE MEDIACIÓN UTILIZADOS	
Ubicación del contador	Bornes del alternador
Marca, modelo y clase	CROMPTON 244 HW QG
DATOS DE LA PRUEBA	
Energía activa al inicio de la prueba (valor acumulado)	8126735
Energía activa al final de la prueba (valor acumulado)	8127440
Energía generada durante la prueba (E1)	705
Potencia generada durante la prueba (E): $E1 \times 6,16$	4,34 MWh

Combustible utilizado por la cogeneración	Gas natural
PCI	10,855 kWh/Nm <sup>3</sup>
Equipo de mediación utilizado	
Marca, modelo y clase	FLONIDAN DL UNIFLO 1200 PTZ
Nº de serie	0618500-001
DATOS DE LA PRUEBA (Fcc)	
Consumo al inicio de la prueba (valor acumulado)	01991255 Nm <sup>3</sup>
Consumo al final de la prueba (valor acumulado)	01992234 Nm <sup>3</sup>
Consumo durante la prueba	979 Nm <sup>3</sup>
Fcc = Consumo durante la prueba $\times$ PCI	10,63 MWh

CALOR ÚTIL PRODUCIDO POR LA COGENERACIÓN	
Calor útil: Agua líquida	$H = q(h_1 - h_2) = q \times c_e(T_1 - T_2)$
Caudal (q) equipo de medición utilizado	QUICKPANEL PROFACE
Valor medio durante la prueba (H chp)	3 MWh
Valor medio de temperatura	90 °C

### Rendimiento eléctrico equivalente durante la prueba

$$REE = \frac{E}{\left[ F_{cc} + F_{no-CHP, H \text{ postcombustión}} - \left( \frac{H_{CHP} + H_{no-CHP \text{ Postcombustión}}}{Ref H_{\eta}} \right) \right]}$$

$$REE = \frac{4,34}{\left[ 10,63 + 0 - \left( \frac{3 + 0}{0,9} \right) \right]} = 59,48 \%$$

Como se puede observar no coinciden los valores del Rendimiento eléctrico equivalente de los datos de la prueba con los datos facilitados por el responsable de la instalación, existiendo una diferencia de 19,34 % que se justifica, desde la empresa, por los días de funcionamiento de la instalación de manera anual.

### Bibliografía

D.J.R. VÁZQUEZ. “*Máquinas motrices generadoras de energía eléctrica*” 1996. ISBN: 84-329-6005-5.

V. GANAPATHY. “*Industrial Boilers and Heat Recovery Steam Generators*”; *Design Applications and Calculations*” 1ª ed, 2003, New York ISBN: 0-8247-0814-8.

J.M. SALA. LIZARRAGA. “*Cogeneración Aspectos termodinámicos, tecnológicos y económicos*”. 3ed. Bilbao, 1999. ISBN:84-7585-571-7.

S.GARRIDO.GARCIA. “*Operación y mantenimiento de centrales de ciclo combinado*”.2008. ISBN: 978-84-7978-842-1.

# ANEXOS

# Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

## Datos Cogeneración 2013

ANÁLISIS PLANTAS DE COGENERACIÓN - 2013													
CONCEPTOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEM.	DICIEM.	
<b>REYDE, S.A.</b>													
A KWH Factura Compañía Eléctrica	917.622	796.639	718.881	1.735.357	842.909	940.129	1.183.304	381.024	177.803	1.107.114	1.036.878	615.146	
B1 KWH Generados en ALTERNADOR	723.202	1.046.991	1.176.277	241.441	1.287.366	915.592	1.141.990	118.069	1.228.735	1.037.529	773.025	703.835	
B2 KWH Generados en ALTERNADOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C1 KWH Generados en maqs. absorción (Ahorro frío)	262.898	329.255	337.316	232.127	476.231	330.958	384.719	63.327	376.382	357.261	249.382	180.378	
C2 KWH Generados Calef. Naves Confección y Regranceadoras													
(TKW) TOTAL KWH Generados en PLANTA	<b>986.101</b>	<b>1.376.247</b>	<b>1.513.594</b>	<b>473.569</b>	<b>1.763.598</b>	<b>1.246.551</b>	<b>1.526.710</b>	<b>181.397</b>	<b>1.605.118</b>	<b>1.394.791</b>	<b>1.022.408</b>	<b>884.254</b>	
CÁLCULO FACTURA PROFORMA SIN COGEN. S/CONTRATO													
(CT) COSTE DE CONSUMO TOTAL (A+B1+B2+C1+C2) x ( F )	207.119,35	236.403,48	242.886,58	240.324,52	283.580,14	237.904,22	294.841,39	61.189,72	193.976,46	272.199,76	224.044,14	163.131,31	
IMPUESTO ELÉCTRICO	10.580,68	12.076,65	12.407,84	12.276,96	14.486,67	12.153,32	15.061,95	3.125,87	9.909,27	13.905,30	11.445,28	8.333,55	
TOTAL FACTURA SIN COGENERACIÓN	207.119,35	236.403,48	242.886,58	240.324,52	283.580,14	237.904,22	294.841,39	61.189,72	193.976,46	272.199,76	224.044,14	163.131,31	
K FACTURA REAL CON COGENERACIÓN	99.834,52	86.671,93	78.212,10	188.801,64	91.705,97	102.283,21	128.739,93	41.454,27	19.344,43	120.450,68	112.809,22	66.926,04	
AHORRO ENERGÍA	<b>107.284,83</b>	<b>149.731,54</b>	<b>164.674,49</b>	<b>51.522,89</b>	<b>191.874,17</b>	<b>135.621,01</b>	<b>166.101,47</b>	<b>19.735,45</b>	<b>174.632,02</b>	<b>151.749,08</b>	<b>111.234,92</b>	<b>96.205,27</b>	
OBTENCIÓN DEL VALOR DEL KW DE CÁLCULO ( F )													
COSTE DE KWS FACTURADOS Cía ELÉCTRICA (HC)	99.834,52	86.671,93	78.212,10	188.801,64	91.705,97	102.283,21	128.739,93	41.454,27	19.344,43	120.450,68	112.809,22	66.926,04	
F PRECIO KW APLICADO PARA CÁLCULO ( F )	0,10880	0,10880	0,10880	0,10880	0,10880	0,10880	0,10880	0,10880	0,10880	0,10880	0,10880	0,10880	



## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

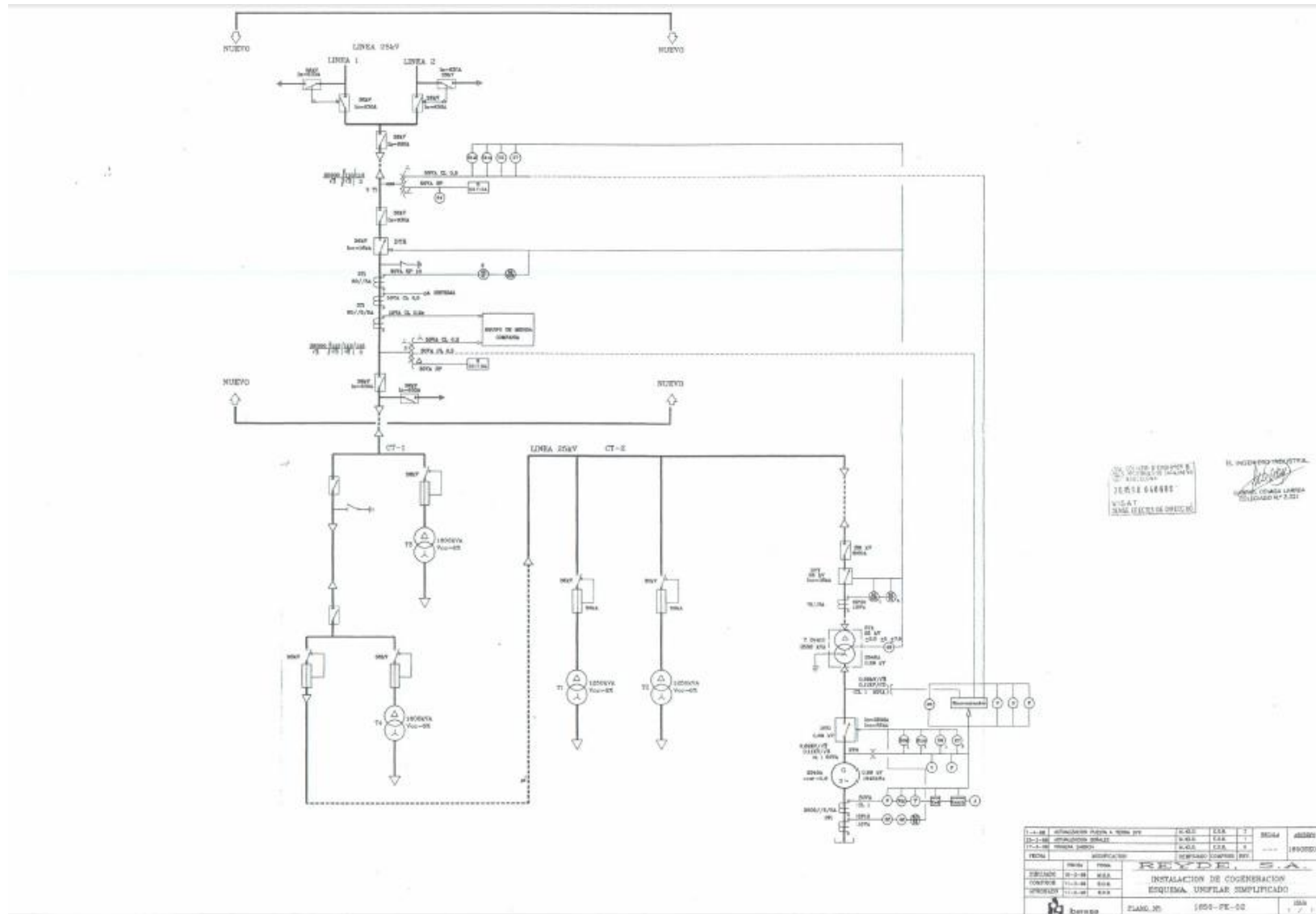
CALCULO DEL RESULTADO DE EXPLOTACIÓN S/(TI)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEM.	DICIEM.
AHORRO POR COGENERACIÓN	78.682,32	113.909,59	127.975,52	26.268,17	140.061,67	99.613,77	124.245,19	12.845,66	133.682,79	112.880,15	84.102,91	76.580,69
Porcentaje/Total Resultado de la Explotación	73,34%	76,08%	77,71%	50,98%	73,00%	73,45%	74,80%	65,09%	76,55%	74,39%	75,61%	79,60%
AHORRO PRODUCCION FRIO(ELIMINACIÓN COMPRESORES)	28.602,51	35.821,96	36.698,97	25.254,72	51.812,50	36.007,24	41.856,27	6.889,79	40.949,23	38.868,93	27.132,01	19.624,59
Porcentaje/Total Resultado de la Explotación	26,66%	23,92%	22,29%	49,02%	27,00%	26,55%	25,20%	34,91%	23,45%	25,61%	24,39%	20,40%
AHORRO CALEFACCIONES												
Porcentaje/Total Resultado de la Explotación												
(TI) TOTAL INGRESOS	107.284,83	149.731,54	164.674,49	51.522,89	191.874,17	135.621,01	166.101,47	19.735,45	174.632,02	151.749,08	111.234,92	96.205,27
GASTOS DE EXPLOTACIÓN												
CONSERVACIÓN Y REPARACIONES	601,44	7.528,13	12.958,68	15.865,60	22.217,00	17.408,63	5.855,39	11.226,14	6.014,69	4.513,60	3.007,60	7.809,94
Porcentaje/Total Ingresos	0,56%	5,03%	7,87%	30,41%	11,58%	12,84%	3,53%	56,88%	3,44%	2,97%	2,70%	8,12%
PROVISIONES GDES.REPARACIONES (50% de B)	2.173,27	3.146,27	3.534,79	725,55	3.868,62	2.751,41	3.431,75	354,81	3.692,43	3.117,84	2.322,99	2.115,22
Porcentaje/Total Ingresos	2,03%	2,10%	2,15%	1,41%	2,02%	2,03%	2,07%	1,80%	2,11%	2,05%	2,09%	2,20%
(GA) GAS	85.300,00	111.736,40	125.230,64	56.954,09	131.747,94	100.691,00	130.170,65	14.002,42	138.916,10	111.632,20	99.368,49	68.669,64
Porcentaje/Total Ingresos	79,51%	74,62%	76,05%	110,54%	68,66%	74,24%	78,37%	70,95%	79,55%	73,56%	89,33%	71,38%
AGUA	3.200,00	3.416,20	3.608,07	3.209,44	4.221,23	3.000,00	4.000,00	500,00	3.358,93	4.518,42	3.262,87	2.162,09
Porcentaje/Total Ingresos	2,98%	2,28%	2,19%	6,23%	2,20%	2,21%	2,41%	2,53%	1,92%	2,98%	2,93%	2,25%
MATERIALES DE CONSUMO			864,04	864,04	864,04	432,02	864,04	432,02	388,36	1.252,31	432,11	6.238,22
Porcentaje/Total Ingresos			0,52%	1,68%	0,45%	0,32%	0,52%	2,19%	0,22%	0,83%	0,39%	6,48%
(GE) TOTAL GASTOS DE EXPLOTACION	91.274,71	125.827,00	146.196,22	77.418,72	162.918,83	124.283,06	144.321,83	26.515,39	152.370,51	125.034,37	108.394,06	86.995,11
Porcentaje/Total Ingresos	85,08%	84,04%	88,78%	150,26%	84,91%	91,64%	86,89%	134,35%	87,25%	82,40%	97,45%	90,43%
MARGEN COMERCIAL	16.010,12	23.904,54	18.478,27	-25.895,83	28.955,35	11.337,95	21.779,64	-6.779,94	22.261,52	26.714,71	2.840,86	9.210,16
Porcentaje/Total Ingresos	14,92%	15,96%	11,22%	-50,26%	15,09%	8,36%	13,11%	-34,35%	12,75%	17,60%	2,55%	9,57%

## Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

GASTOS FIJOS												
ESTRUCTURA GENERAL	2.918,15	4.072,70	4.479,15	1.401,42	5.218,98	3.688,89	4.517,96	536,80	4.749,99	4.127,57	3.025,59	2.616,78
Porcentaje/Total Ingresos	2,72%	2,72%	2,72%	2,72%	2,72%	2,72%	2,72%	2,72%	2,72%	2,72%	2,72%	2,72%
AMORTIZACIÓN	12.766,89	17.818,05	19.596,26	6.131,22	22.833,03	16.138,90	19.766,07	2.348,52	20.781,21	18.058,14	13.236,96	11.448,43
Porcentaje/Total Ingresos	11,90%	11,90%	11,90%	11,90%	11,90%	11,90%	11,90%	11,90%	11,90%	11,90%	11,90%	11,90%
ALQUILERES												
Porcentaje/Total Ingresos												
(GF) TOTAL GASTOS FIJOS	15.685,04	21.890,75	24.075,41	7.532,65	28.052,00	19.827,79	24.284,03	2.885,32	25.531,20	22.185,71	16.262,55	14.065,21
Porcentaje/Total Ingresos	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%
RESULTADO DE EXPLOTACIÓN	325,08	2.013,79	-5.597,14	-33.428,48	903,34	-8.489,84	-2.504,40	-9.665,26	-3.269,68	4.528,99	-13.421,68	-4.855,05
Porcentaje/Total Ingresos	0,30%	1,34%	-3,40%	-64,88%	0,47%	-6,26%	-1,51%	-48,97%	-1,87%	2,98%	-12,07%	-5,05%
EUROS / KWH FINAL GENERADO (GE/TKW)	0,09256	0,09143	0,09659	0,16348	0,09238	0,09970	0,09453	0,14617	0,09493	0,08964	0,10602	0,09838
EUROS. / KWH FINAL GENERADO (GF/TKW)	0,01591	0,01591	0,01591	0,01591	0,01591	0,01591	0,01591	0,01591	0,01591	0,01591	0,01591	0,01591
EUROS. / KWH FINAL GENERADO (TOTAL)	0,10847	0,10733	0,11249	0,17939	0,10828	0,11561	0,11044	0,16208	0,11083	0,10555	0,12192	0,11429
EUROS. / KWH GAS CONSUMIDO (GA / B1+B2)	0,11795	0,10672	0,10646	0,23589	0,10234	0,10997	0,11399	0,11859	0,11306	0,10759	0,12854	0,09756
COSTE DE MANTENIMIENTO EN EUROS. / KWH GENERADO	0,00083	0,00719	0,01175	0,06846	0,01793	0,01949	0,00588	0,09874	0,00521	0,00556	0,00445	0,01996

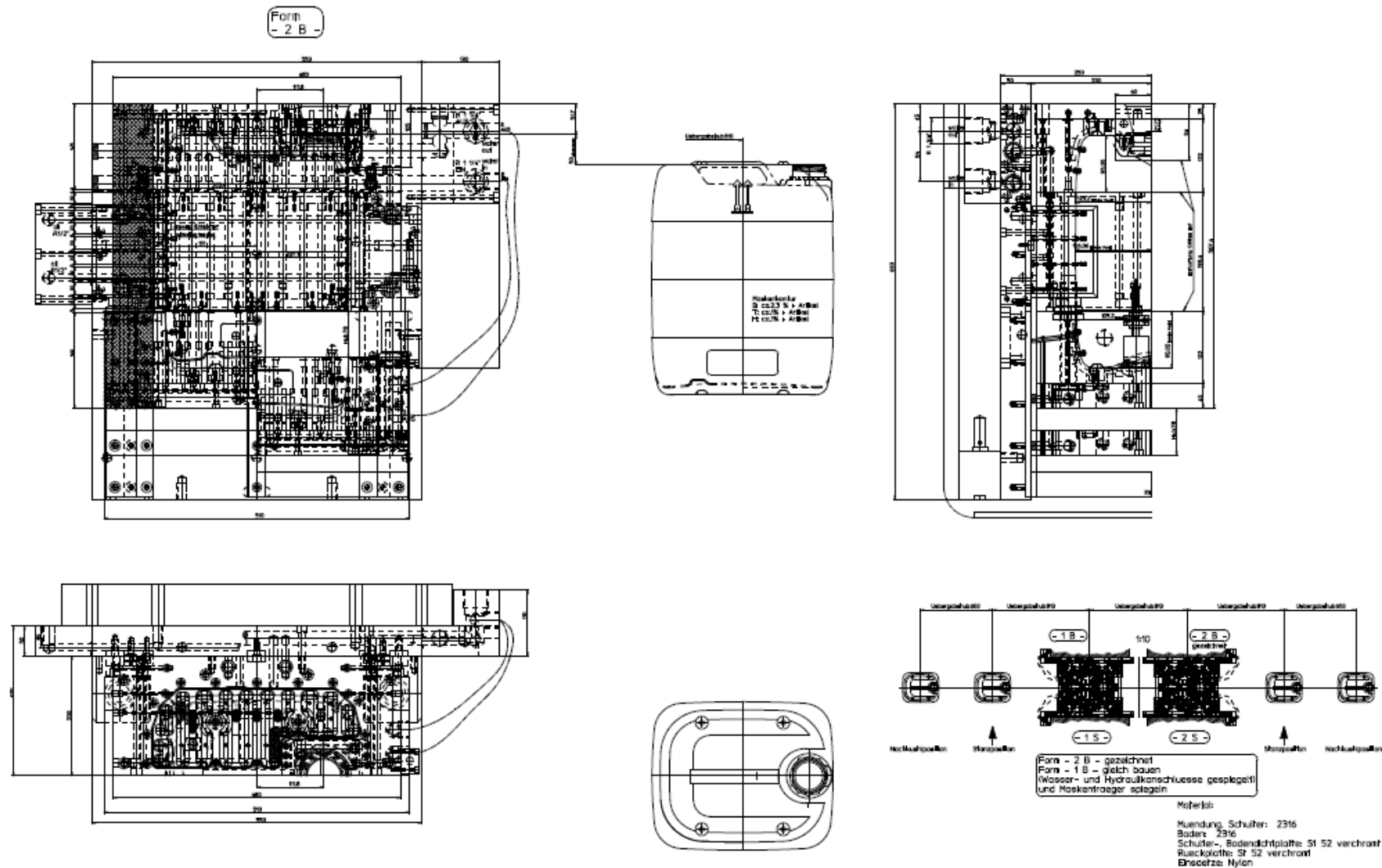


# Cogeneración con absorción de Bromuro de Litio

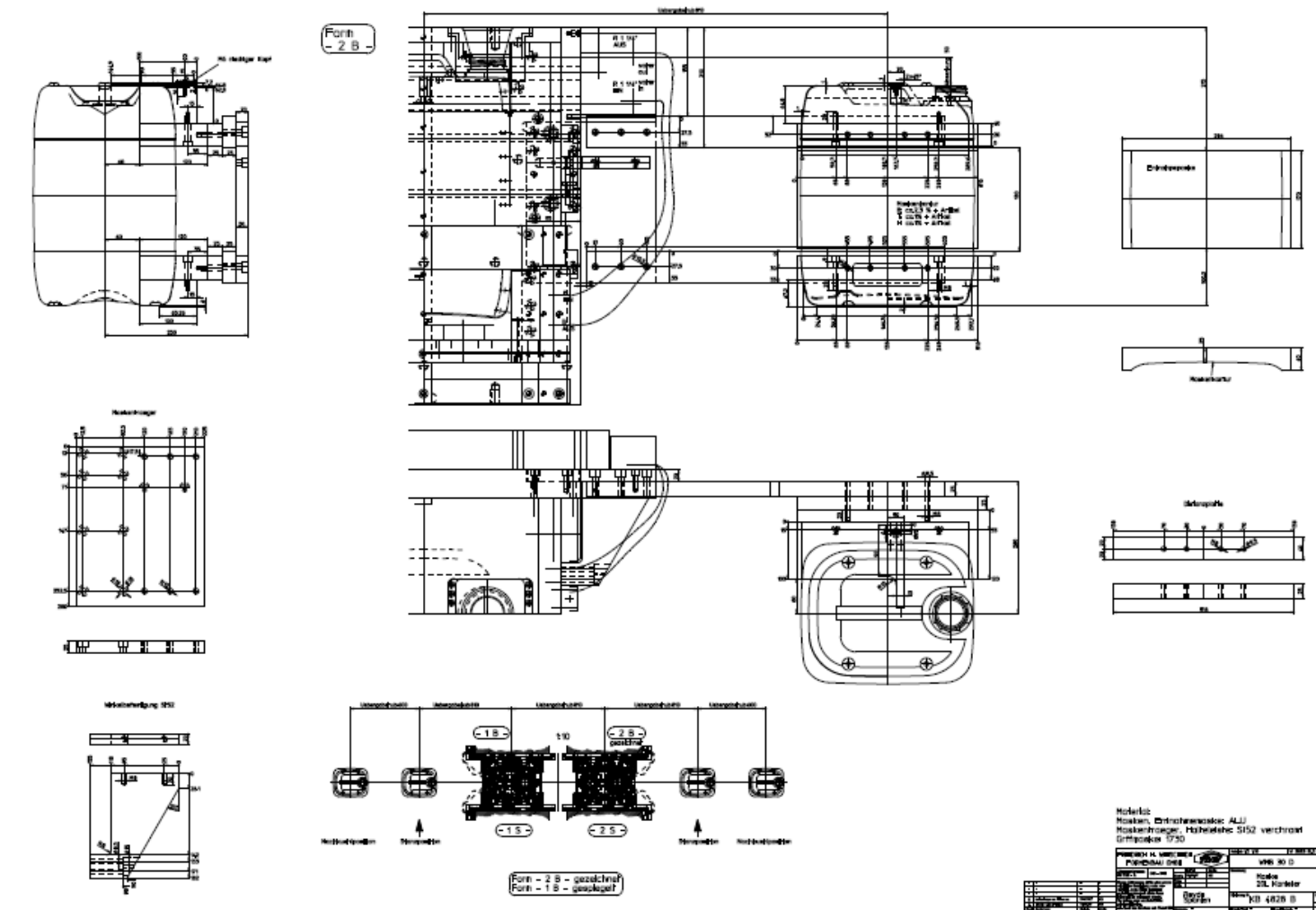




## Plano bidón



## Plano bidón



### Semimolde bidón

